

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

**Návrh automatizace lepení protihlukové
ochrany brzdových destiček**

Design of an Automation for Bonding of a
Sound Protection Shield for Brake Pads

Student:

Bc. Jaroslav Sklenář

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Sklenář**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Návrh automatizace lepení protihlukové ochrany brzdových destiček**
Design of an Automation for Bonding of a Sound Protection Shield for
Brake Pads
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukční řešení automatického systému pro lepení protihlukového plechového výlisku na brzdovou destičku. Zařízení bude pracovat na poloautomatické lince ve firmě ITT Holdings Czech Republic s.r.o. Zpracujte technickou dokumentaci včetně výpočtů namáhaných strojních součástí.

Parametry zadání:

- celkový cyklus lepení do 2,8 s, montáž přímo k dopravníku linky,
- splnění bezpečnostních podmínek pracoviště,
- snadnost přestavby s využitím metodiky poka-yoke,
- rozměry desek od 60x40 mm do 220x110 mm,
- možnost využití komponentů automatizace.

Seznam doporučené odborné literatury:


KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje z firmy ITT Holdings s.r.o., firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě 21.5.2018

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 21.8.2015

..... 
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jaroslav Sklenář

Adresa trvalého pobytu autora práce:

V Podlesí 223, Grygov 783 73

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SKLENÁŘ, J. Návrh automatizace lepení protihlukové ochrany brzdových destiček : diplomová práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2018, 45 s. Vedoucí práce Pišťáček, D.

Cílem diplomové práce je navrhnout zařízení pro automatické lepení protihluku na brzdovou destičku. V teoretické části je seznámení s výrobní linkou, kam se zařízení navrhuje, co je protihluk a k čemu slouží. Následuje návrh součástí a sestav pro sled operací, které jsou nutné pro nalepení protihluků na brzdovou destičku. V přílohách je výkres sestavy lepení a držáku vedení protihluků.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SKLENÁŘ, J. Design of an Automation for Bonding of a Sound Protection Shield for Brake Pads : master thesis. Ostrava : Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2018, 45 p. Thesis head: Pišťáček, D.

The goal of this master thesis is design automation for bonding of a sound protection Shield for brake pads. The theoretical part includes basic information about ITT Holdings s.r.o., machine, where the automation will be installed and what is the protection shield. Next part is the design automation step by step. Attachements of this master thesis are drawings of gluing assembly and console of conduction.

Obsah	
Seznam symbolů	7
Seznam obrázků	8
1 Úvod.....	10
2 Řešení	11
2.1 ITT a poloautomatická linka č. 4.....	11
2.2 Protihluk	15
3 Návrhy.....	16
3.1 Zásobník s podavačem	16
3.2 Obraceč 01	20
3.3 Strhnutí folie z lepicí vrstvy	23
3.4 Obraceč 02.....	28
3.5 Lepení protihluku	30
3.6 Konstrukce pracovního stolu.....	32
4 Bezpečnostní prvky.....	33
4.1 Světelné závory	33
4.2 Oplocenka.....	34
5 Kontrolní výpočty	36
5.1 Výpočet času strhnutí folie.....	36
5.2 Výpočet času kontroly a nalepení	38
5.3 Výpočet ohybu vedení stoperu	40
6 Závěr	50
Seznam použitých zdrojů	53
Seznam příloh.....	54

Seznam symbolů

Značka	Význam	Jednotka
d_v	průměr vedení	mm
f_{mo}	součinitel tření měď-ocel	-
g	gravitační zrychlení	m/s^2
l_v	délka vedení	mm
m_d	hmotnost brzdové destičky	kg
t	čas pohybu přímočarého vedení	s
v	rychlost přímočarého vedení	m/s
F	síla působící na vedení	N
F_d	tažná síla dopravníku	N
F_N	normálová síla	N
F_t	třecí síla	N
L	délka dráhy přímočarého vedení	m
Mk_p	krouticí moment převodovky dopravníku	Nm
M_o	ohybový moment	Nmm
R	poloměr otáčení dopravníku	mm
W_o	modul průřezu v krutu	mm^3
σ_{do}	dovolené napětí v ohybu	Mpa
σ_o	Napětí v ohybu	MPa

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Brzdová destička [5]	11
Obr. 2.2 Tlumič KONI [9]	11
Obr. 2.3 Původní stav poloautomatické linky č. 4	12
Obr. 2.4 Modifikace poloautomatické linky	13
Obr. 2.5 Lepení protihluku operátorem.....	14
Obr. 2.6 Spodní strana protihluku s folií.....	15
Obr. 2.7 Horní pogumovaná strana protihluku	15
Obr. 3.1 Zásobník protihluků	16
Obr. 3.2 Prostředek poka-yoke [10].....	17
Obr. 3.3 Vedení protihluků	17
Obr. 3.4 Detail podavače.....	17
Obr. 3.5 Detail zásobníku.....	18
Obr. 3.6 Schéma obraceče 01	20
Obr. 3.7 Obraceč 01	20
Obr. 3.8 Detail mechanismu strhávání folie	23
Obr. 3.9 Deska s piny.....	24
Obr. 3.10 Sestava odlepovače s dráhou	25
Obr. 3.11 Sestava jehel.....	26
Obr. 3.12 Vyhazovač.....	26
Obr. 3.13 Elektrický přímočarý portál	27
Obr. 3.14 Kontrola optickým čidlem	28
Obr. 3.15 Schéma obraceče 02.....	28
Obr. 3.16 Obraceč 02	29
Obr. 3.17 Řez přídatnou trubicí.....	29
Obr. 3.18 Lepení protihluku.....	30
Obr. 3.19 Stopper	31
Obr. 3.20 Pracovní stůl	32
Obr. 4.1 Bezpečnostní závora [12].....	33
Obr. 4.2 Světelné zábrany na přístroji.....	34
Obr. 4.3 Vzor oplocenky [11]	34
Obr. 4.4 Možnosti oplocenky na přístroj	35
Obr. 5.1 Dráha strhávání folie.....	36
Obr. 5.2 Dráhy lepení.....	38

Obr. 5.3 Schéma sil na dopravníku [2]	40
Obr. 5.4 Síly mezi dopravníkem a brzdovou destičkou [2]	41
Obr. 5.5 Rozklad třecí síly	42
Obr. 5.6 Působící síla na vedení [2]	43
Obr. 6.1 Sestava lepení 1.....	51
Obr. 6.2 Sestava lepení 2.....	52

1 Úvod

Cílem diplomové práce je navrhnout systém automatického lepení protihluku tzv. šímu, na poloautomatické lince č. 4 ve firmě ITT Holdings Czech Republic s.r.o.

Zařízení má nalepovat protihluk na kovovou část brzdové destičky, která jede po dopravním páse. Nutná je jednoduchost přestavby s použitím metody poka-yoke a zároveň musí splňovat bezpečnostní prvky.

V teoretické části popíšu, čím se firma ITT zabývá a jaké úpravy proběhly na poloautomatické lince. Nebude chybět ani to, co protihluk je a k čemu slouží.

Následně v části praktické navrhnu vyměnitelný zásobník s podavačem na protihluky o rozměrech od 60x40 mm až po 220x110 mm. Dalším mechanismem bude obraceč, aby se protihluk otočil do polohy, kdy je odlepovací folie nahoře. Pro odlepení folie zkonstruji sestavu jehel poháněnou pneumatickým přímočarým vedením, které strhnou folii, a dále ji pak odsaje integrovaný odtah v pracovním stole. Následující operací bude zase otočení, již zkonstruovaným obracečem s menšími úpravami. V této fázi bude nutná kontrola optickým čidlem, které dá pokyn buďto k nalepení, nebo k vyhození do koše, umístěném přímo ve stole. Tuto operaci vykoná pneumatické přímočaré vedení, které vjede s nachystaným protihlukem nad dopravník a tam se nalepí na již zastavenou brzdovou destičku stoperem. Všechny mechanismy budou upevněny na pracovním stole s bezpečnostními prvky přikotveném k zemi, mimo dopravník.

Bude vypočten nejdelší časový cyklus, od kterého se bude odvíjet délka celého nalepení jednoho kusu protihluku. Na závěr práce bude provedena pevnostní kontrola ohybu vedení, na kterém je uchycen stoper.

Cíle diplomové práce:

1. Zpracovat technickou dokumentaci včetně výpočtů namáhaných strojních součástí,
2. celkový cyklus lepení do 2,8 s, montáž přímo k dopravníku linky,
3. splnění bezpečnostních podmínek pracoviště,
4. snadnost přestavby s využitím metodiky poka-yoke,
5. rozměry desek od 60x40 mm do 220x110 mm,
6. možnost využití komponentů automatizace.

2 Rešerše

Seznámení s firmou ITT, čím se zabývá divize Friction a KONI a na jakém zařízení se bude návrh realizovat.

2.1 ITT a poloautomatická linka č. 4

Společnost ITT byla založena roku 1920 a v dneška se rozděluje mezi hlavní tři výrobní odvětví:

- systémy obranného průmyslu – např. přístroje pro noční vidění
- systémy vodního průmyslu – např. čističky vod a pumpy
- systémy dopravního průmyslu – např. brzdové desky a tlumiče

ITT v Ostravě patří do odvětví dopravního průmyslu, kde se vyrábí v divizi Friction brzdové destičky mnoha značek do osobních aut až po nákladní vozidla. V divizi KONI se pak vyrábí tlumiče vlakových souprav [9].



Obr. 2.1 Brzdová destička [5]



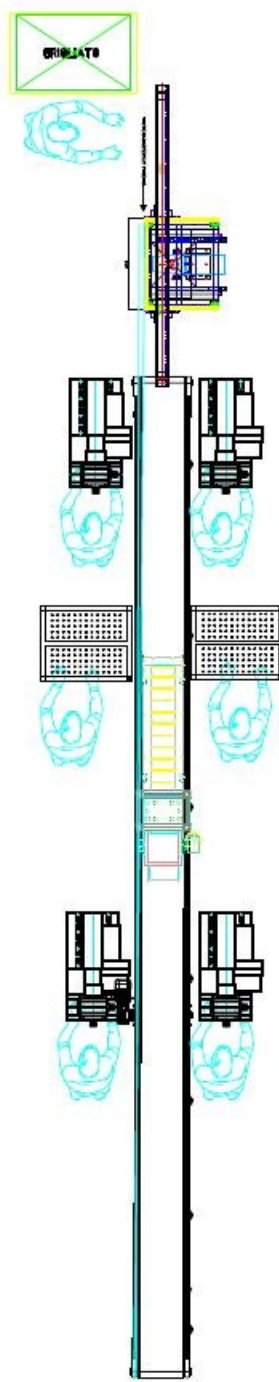
Obr. 2.2 Tlumič KONI [9]

Poloautomatická linka č. 4 je modelovou zónou pro všechny inovace a úpravy dalším čtyřem poloautomatickým linkám. Cílem je urychlit proces výroby a usnadnit práci operátorů. Záleží i na obtížnosti přestavby na jiný druh brzdové destičky, kterou provádí mechanici.

Na lince se provádí tyto operace:

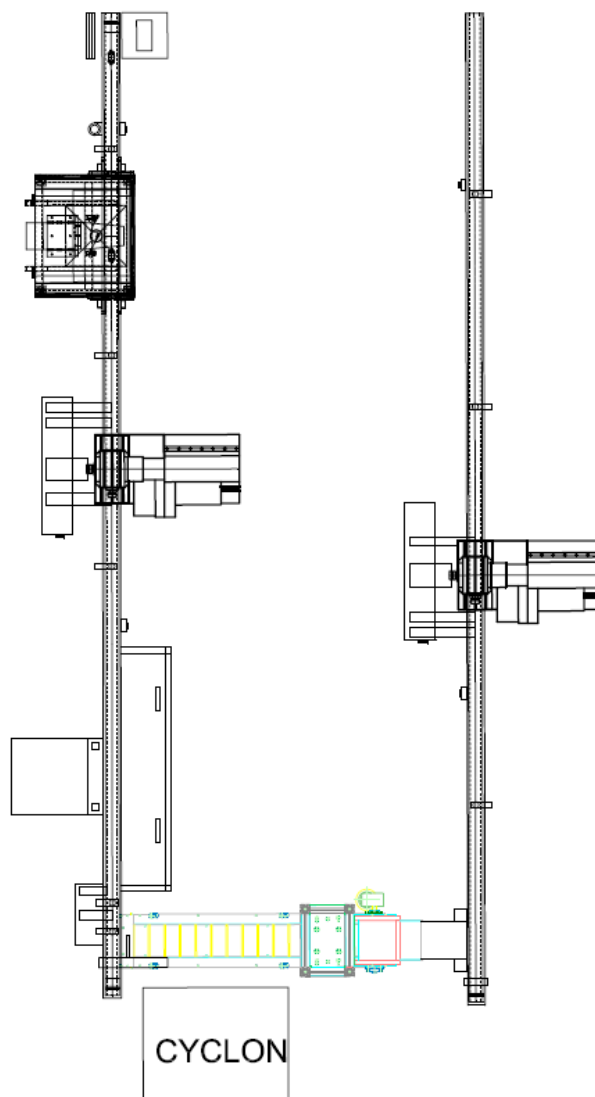
- 1) nakládka na dopravník
- 2) tisk kódu výrobku
- 3) lepení protihluku
- 4) lisování
- 5) tisk loga značky
- 6) vykládka z dopravníku

Modifikacemi se výrazně zredukoval i počet operátorů, kteří na lince (obr. 2.3) pracovali. Dříve to bylo osm pracovníků, dnes jsou to dva. Hlavní příčinou byla změna tvaru a zautomatizování tiskáren (obr. 2.4).



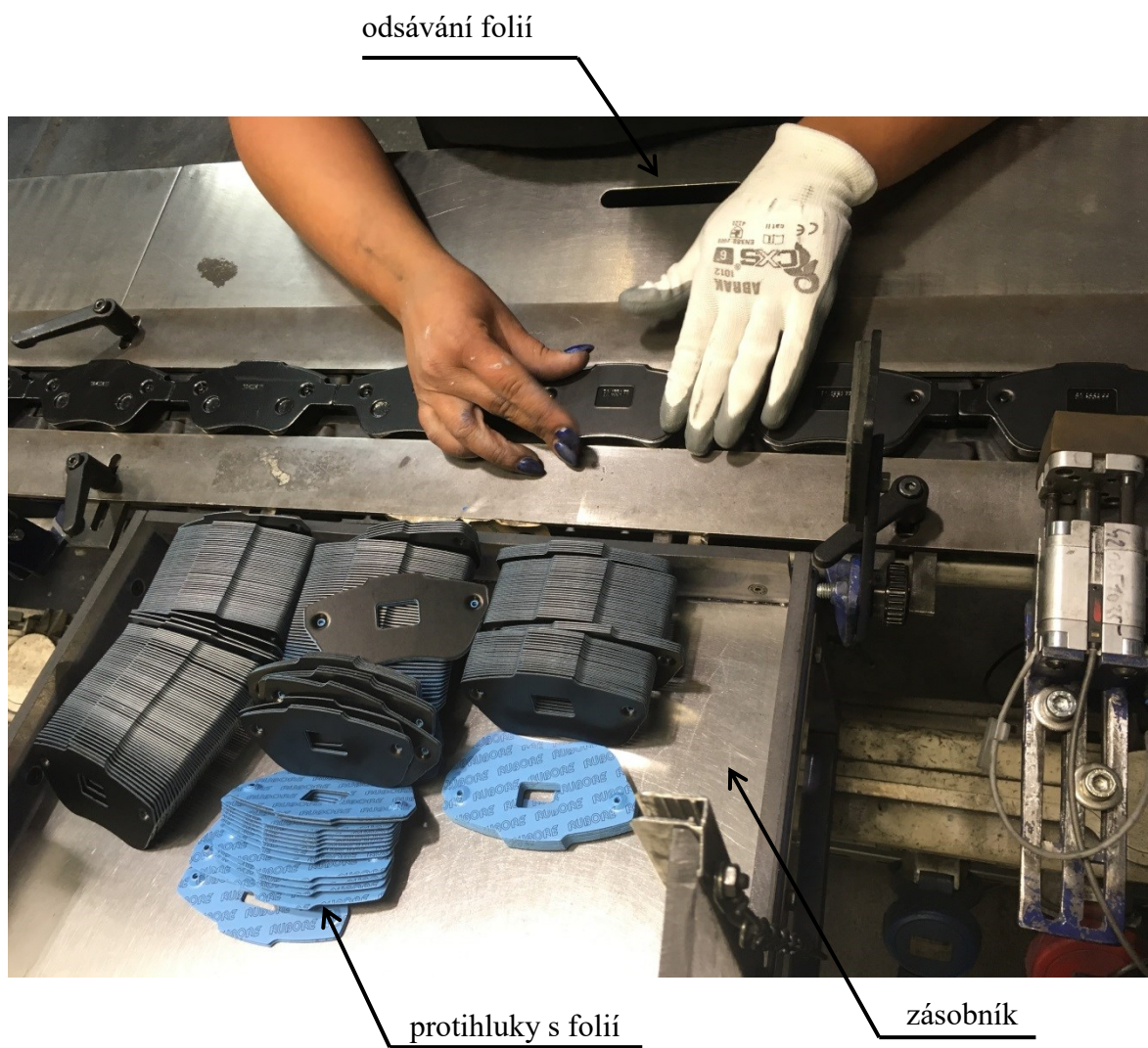
Obr. 2.3 Původní stav poloautomatické linky č. 4

Dříve prováděl jeden člověk nakládku na dopravník, ta dojela ke dvěma operátorům, kteří vložili destičku do tiskárny a po natisknutí kódu výrobku ji poslali dál. Dále si ji přebrali další dva na stanovišti, kde se lepily protihluky. Následovalo lisování protihluky na brzdovou destičku. Po této operaci dojela destička ke dvěma pracovníkům, kteří vkládali destičky do tiskáren loga a zase ji dali na dopravník, kde pokračovala až k vykládce.



Obr. 2.4 Modifikace poloautomatické linky

Díky přestavbě linky do tvaru „U“. Nyní jeden člověk obsluhuje jak nakládku, tak vykládku. Tiskárny se otočily a zautomatizovaly použitím jednoduchých stoperů, které destičku zastaví přímo před ní, takže tiskne přímo na dopravním páse. Druhý člověk sedí u nalepování protihluků, kde si je bere ze zásobníku a lepí je přímo na brzdovou destičku na dopravníku (obr. 2.5), takže se nezdržuje žádnou zbytečnou manipulací.



Obr. 2.5 Lepení protihluku operátorem

2.2 Protihluk

Protihluk (obr. 2.6, 2.7) tvoří tenký nerezový plech, na jedné straně pogumovaný, na druhé pak s vrstvou lepidla. Lepí se na kovovou část brzdové destičky tzv. backplate. Vyplňuje prostor mezi brzdovým třmenem a destičkou, a tak zabraňuje chvění samotné destičky, které způsobuje případné pískání při brždění.

Na vrchní pogumovanou část protihluku se tisknou loga značek výrobců aut, čárový kód a výrobní číslo. Naopak na spodní straně je lepidlo s krycí folií.



Obr. 2.6 Spodní strana protihluku s folií



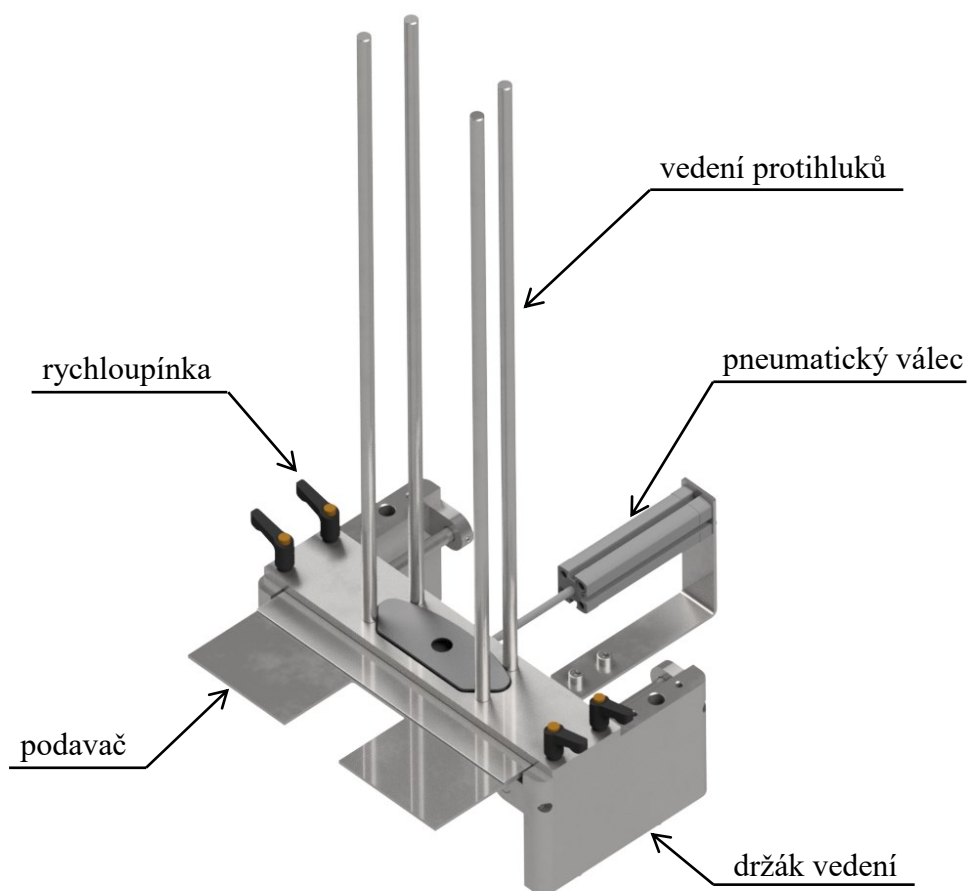
Obr. 2.7 Horní pogumovaná strana protihluku

3 Návrhy

V této kapitole budou provedeny návrhy jednotlivých součástí a mechanismů potřebných ke sledu operací nutných pro nalepení protihluku na brzdovou destičku, která jede po dopravníku. Dále pak samotného pracovního stolu, na kterém budou díly umístěny.

3.1 Zásobník s podavačem

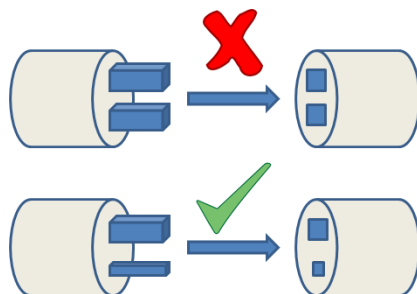
Jelikož se na poloautomatické lince dokončuje mnoho druhů a velikostí brzdových destiček, je k tomu potřeba přizpůsobit i zásobník. Při přestavbě na jiný kus se vymění pouze vedení protihluku a ostatní komponenty zůstávají původní.



Obr. 3.1 Zásobník protihluků

Zásobník (obr. 3.1) je tvořen vodícími tyčemi a spodním vedením, v tom je vyfrézovaný přesný obrys protihluku. Vedení je jednoduše vyměnitelné pomocí čtyř rychloupínek (tab. 1). Je zkonstruovaný tak, aby bylo možné vložit vedení pro protihluky určené na brzdové destičky o velikosti od 60x40 mm až po 220x110 mm.

Aby se zaručilo správné nasazení zásobníku na držák vedení, použil jsem metodu poka-yoke (obr. 3.2). Je to chybu-vzdorný prostředek, používaný ve výrobě. Jeho smysl spočívá v eliminaci defektních výrobků pomocí prevence, nápravy a upozornění na lidské chyby, které tyto defekty způsobují [4].



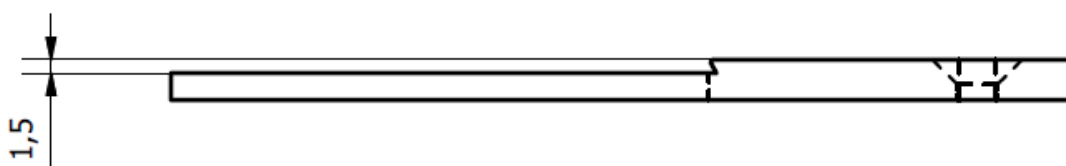
Obr. 3.2 Prostředek poka-yoke [10]

V mém případě jsem do držáku vedení vložil dva různé typy kolíku a do zásobníku nechal vyfrézovat díry o těchto velikostech. Tím je zaručeno, že se při přestavbě neotočí pozice protihluku. Následkem by bylo jeho špatné nalepení na brzdovou destičku.



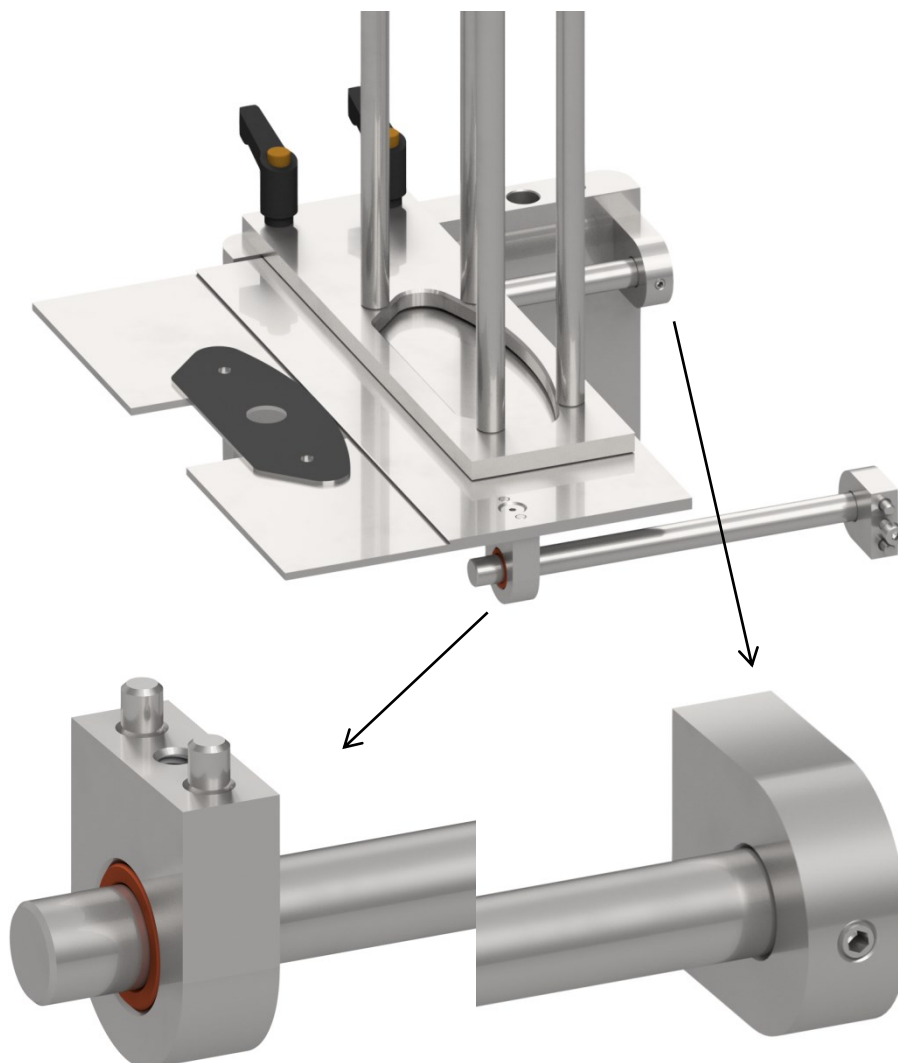
Obr. 3.3 Vedení protihluků

Podavač (obr. 3.4) je svým tvarem uzpůsobený tak, aby do něj vždy spadl svou vlastní vahou pouze jeden protihluk zakládaný lepící vrstvou směrem dolů. Poté se za pomoci pneumatického válce (tab. 2) vysune mimo vedení, kde si jej přebírá další mechanismus. K tomu slouží právě výřez v podavači.



Obr. 3.4 Detail podavače


Na detailu zásobníku (obr. 3.5) je zobrazen řez, kde jsou vidět součásti vedení a uchycení podavače. Vedení je v domku zajištěno proti posunutí stavěcím šroubem a naopak pohyb podavače po něm pomocí bronzového ložiska.



Obr. 3.5 Detail zásobníku

Proti vzpříčení vedení v domku je nutná přesná pozice, proto jsem u všech použil kolíky pro ustavení polohy.

Tab.1 – Rychloupínka [6]

	<p>Typ GN 303-30-M6-16-SW-O</p>
---	--

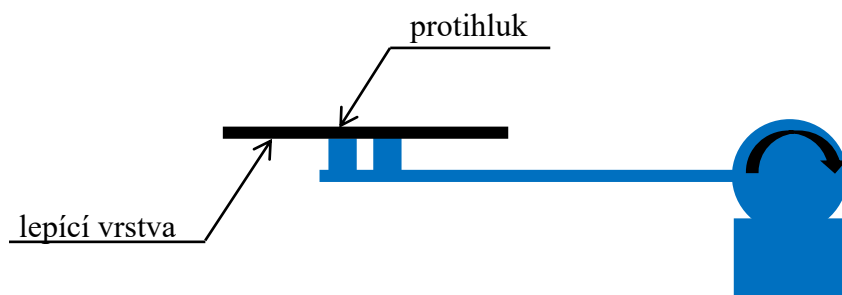
Tab. 2 - Pneumatický válec FESTO [8]



Typ	Č. dílu
ADN-12-75-A-P-A	536203
Parametr	Hodnota
zdvih	75 mm
průměr pístu	12 mm
tlumení	pružné tlumicí kroužky
montážní poloha	libovolná
konstrukce	píst pístnice profilová trubka
snímání polohy	pro čidla
provozní tlak	1 - 10 bar
provozní režim	dvojčinný
provozní médium	stlačený vzduch
teoretická síla při 6 barech, zpětný chod	51 N
teoretická síla při 6 barech, dopředný chod	51 - 68 N
pohybující se hmotnost při zdvihu 0 mm	9 g
přírůstek hmotnosti na 10 mm zdvihu	12 g
základní hmotnost při zdvihu 0 mm	77 g
připojení pneumatiky	M5
materiál krytu	hliník
materiál pístnice	vysoce legovaná ocel
materiál trubky válce	hliník legovaný pro tvárění

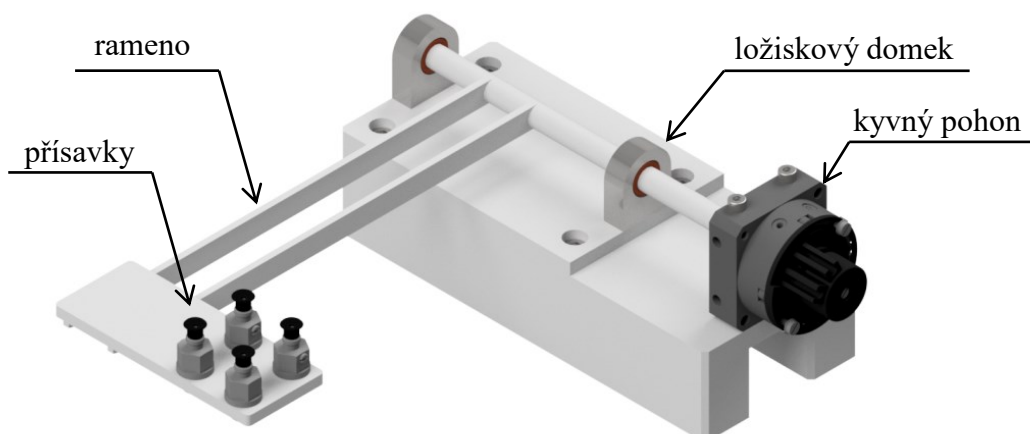
3.2 Obraceč 01

K přemístění a otočení protihluku k další operaci jsem použil pneumatický kyvný pohon (tab. 4), který jej zachytí pomocí čtyř vakuových přísavek (tab. 3) a otočí se o nastavený úhel 180°.



Obr. 3.6 Schéma obraceče 01

Rameno obraceče je zkonstruováno tak, aby deska s přísavkami uchopila protihluk a projela výřezem v podavači zásobníku (obr. 3.1). Ložiskové domky, ve kterých se otáčí rameno, jsou z důvodu typizace součástek stejné jako u podavače (obr. 3.5).



Obr. 3.7 Obraceč 01

Tab. 3 – Vakuové přísavky FESTO [8]



Typ	Č. dílu
ESG-8	189170
Parametr	Hodnota
průměr přísavky	8 mm
montážní poloha	svisle
zvláštní vlastnosti	antistatický
konstrukce	připojení vakua shora
přiřazení držáku přísavky	velikost 2
tvár přísavky	kulatý plochý tvar
provozní médium	atmosférický vzduch
třída odolnosti korozi KBK	1 - nízké požadavky na odolnost korozi
okolní teplota	-30 - 200 °C
připojení vakua	M10x1
materiál přísavky	VMQ (silikon)

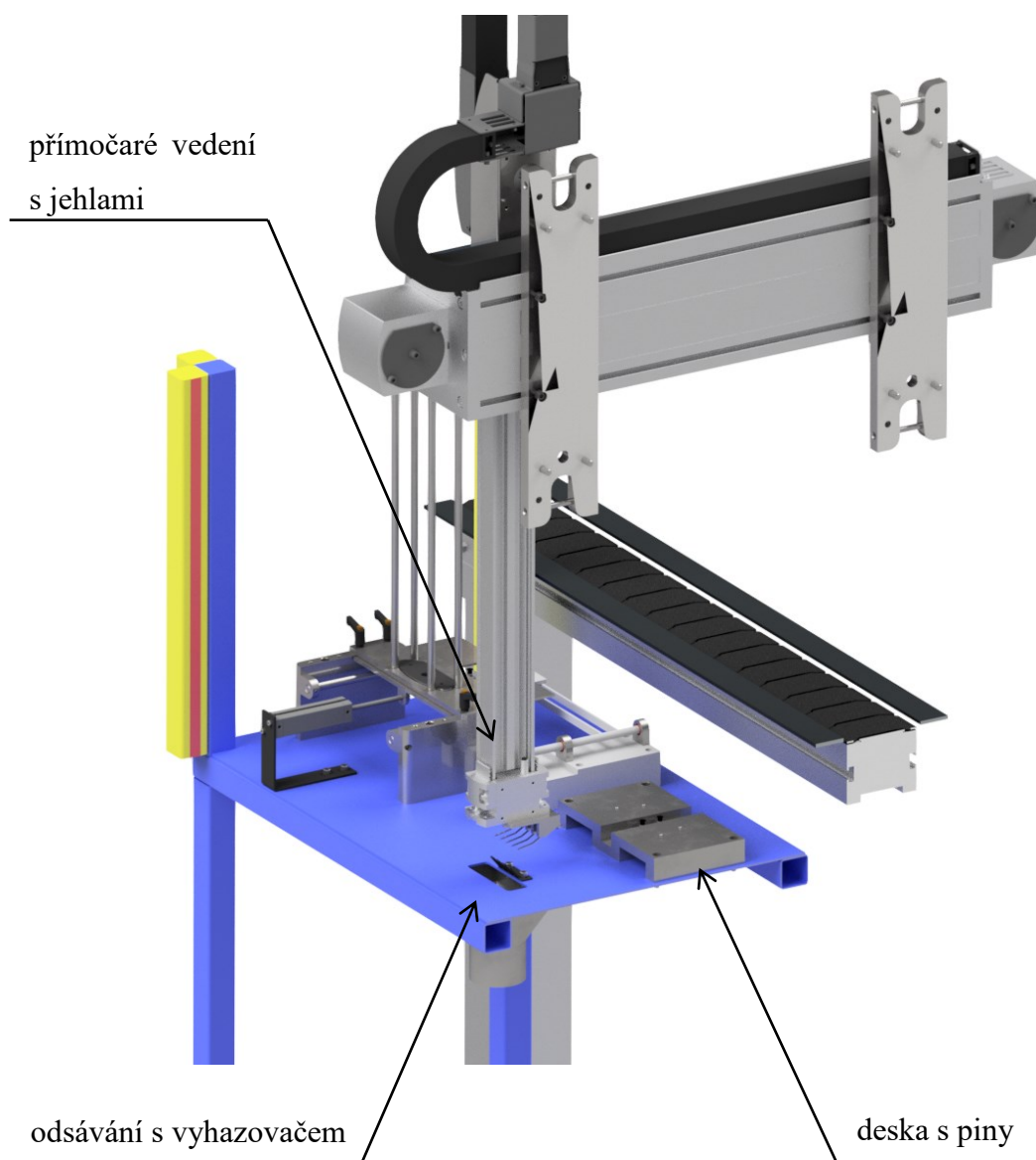
Tab. 4 – Kyvný válec FESTO [8]



Typ	Č. dílu
DSM-10-240-P-A-FW	185945
Parametr	Hodnota
velikost	10
úhel tlumení	0.5 deg
úhel kyvu	0 - 240 deg
tlumení	pružné tlumicí kroužky
montážní poloha	libovolná
provozní režim	dvojčinný
konstrukce	kyvné křídlo
snímání polohy	pro čidla
provozní tlak	2.5 - 8 bar
max. frekvence kyvu při 6 barech	2 Hz
provozní médium	stlačený vzduch
upozornění pro provozní a ovládací médium	provoz s přimazáváním olejem je možný
okolní teplota	0 - 60 °C
teoretický krouticí moment při 6 barech	0.85 Nm
přípustný moment setrvačnosti	0.0026 kgm ²
hmotnost výrobku	159 g
typ upevnění	vnitřním závitem
připojení pneumatiky	M3
materiál hřídele pohonu	vysoce legovaná nerezová ocel
materiál těsnění	TPE-U(PU)
materiál tělesa	hliník

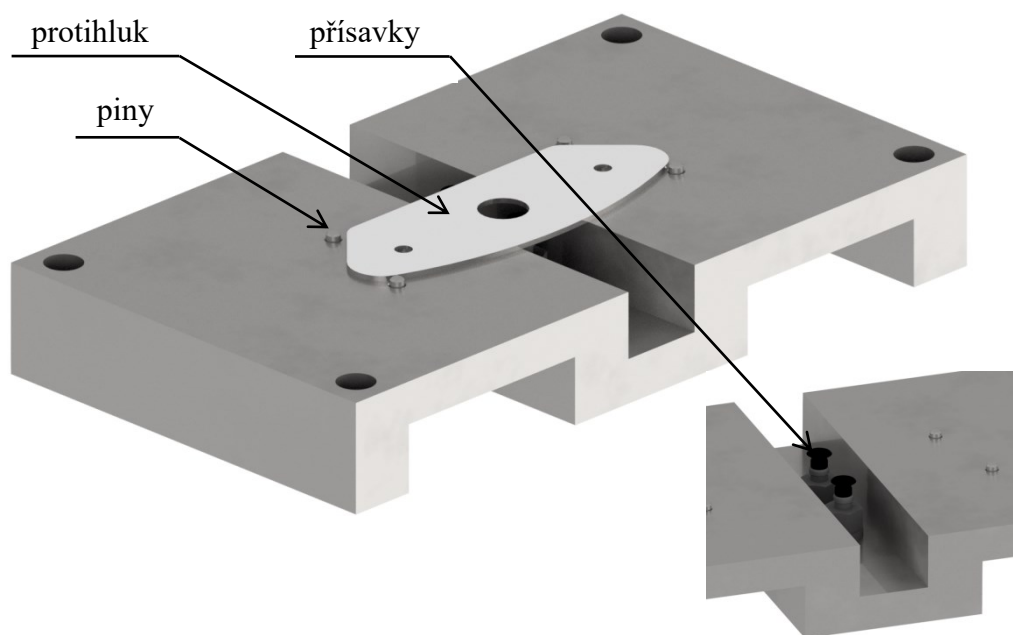
3.3 Strhnutí folie z lepící vrstvy

Pro strhnutí folie jsem navrhl sestavu pěti jehel, které jsou upevněny na konci ramene pneumatického přímočarého vedení (tab. 5).



Obr. 3.8 Detail mechanismu strhávání folie

Nejprve obraceč položí protihluk na desku (obr. 3.9), která má v sobě nalisované piny, ty jsou rozloženy tak, že kopírují jeho obrys. Polohu jistí i dvě přidané vakuové přísavky (tab. 3) ve vyfrézované drážce desky.



Obr. 3.9 Deska s piny

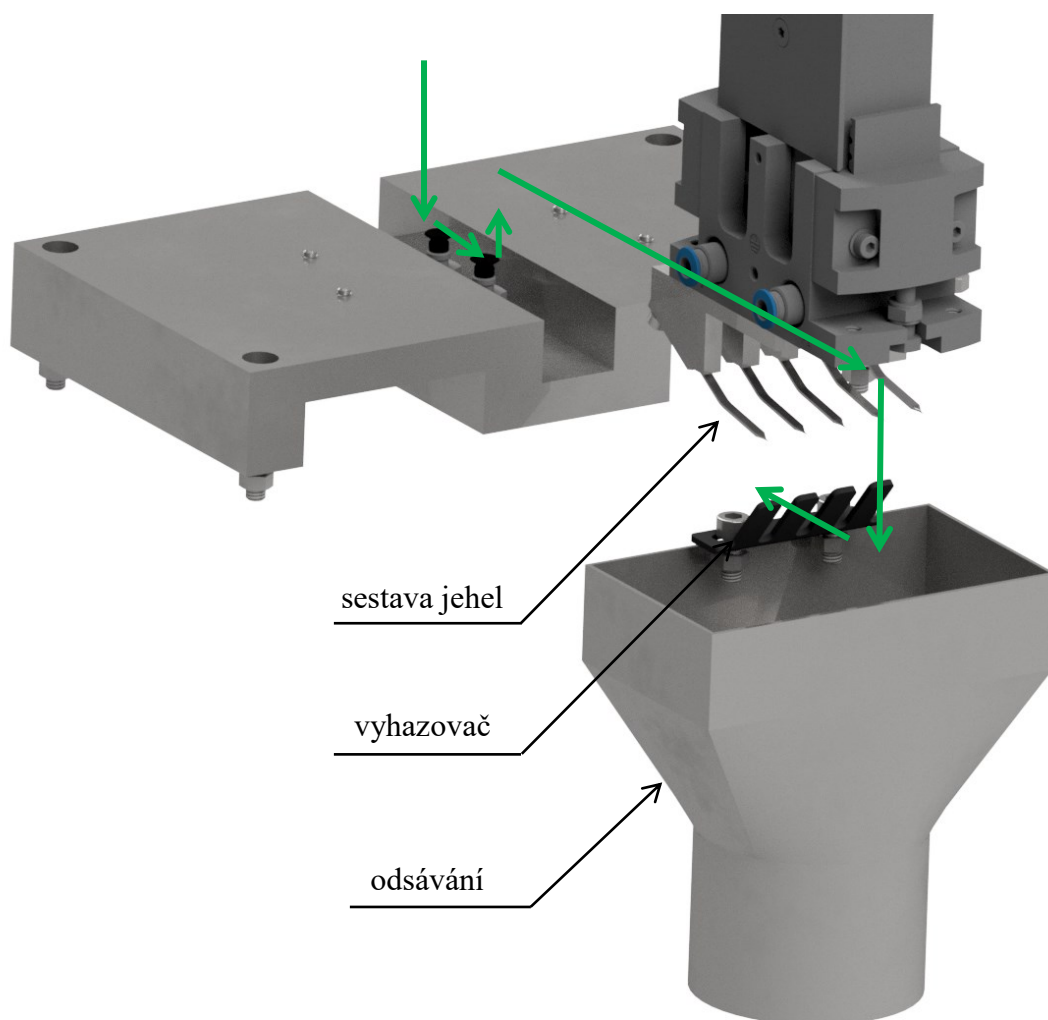
Poté sestava jehel (obr. 3.11), které jsou pod úhlem, najede nad desku a napíchne folii, pak pokračuje nad odsávání. Vratným pohybem projedou jehly vyhazovačem (obr. 3.12), tím se zajistí stržení napíchnuté folie.

Tab. 5 – Přímočaré vedení FESTO [8]



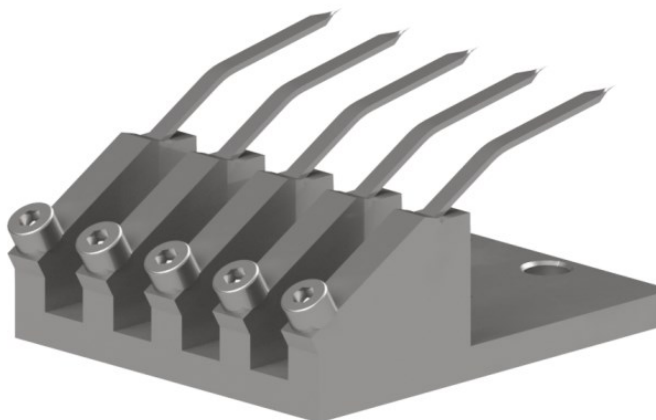
Typ	Č. dílu
EXCT-30-500-500-KF-W-HH-L-T0-EN	8026576
Parametr	Hodnota
velikost	30
montážní poloha	svisle
konstrukce	přímočarý portál
provozní tlak	až 8 bar
max. zrychlení	50 m/s ²

max. rychlost	5 m/s
opakovatelná přesnost	$\pm 0,1$ mm
spínací cyklus	100%
skladovací teplota	-10 - 60 °C
relativní vlhkost vzduchu	0 - 90 %
hladina akustického tlaku	78 dB(A)
stupeň krytí	IP40
okolní teplota	10 - 40 °C
max. procesní síla ve směru Z	300 N
jmenovité zatížení při maximální dynamice	3 kg
typ upevnění	s upevňovací sadou, s kamenem do drážky



Obr. 3.10 Sestava odlepovače s drážkou

Odsávání je integrováno přímo v pracovním stole a je napojeno na cyklon, který shromažďuje folie z protihluků do pytle.

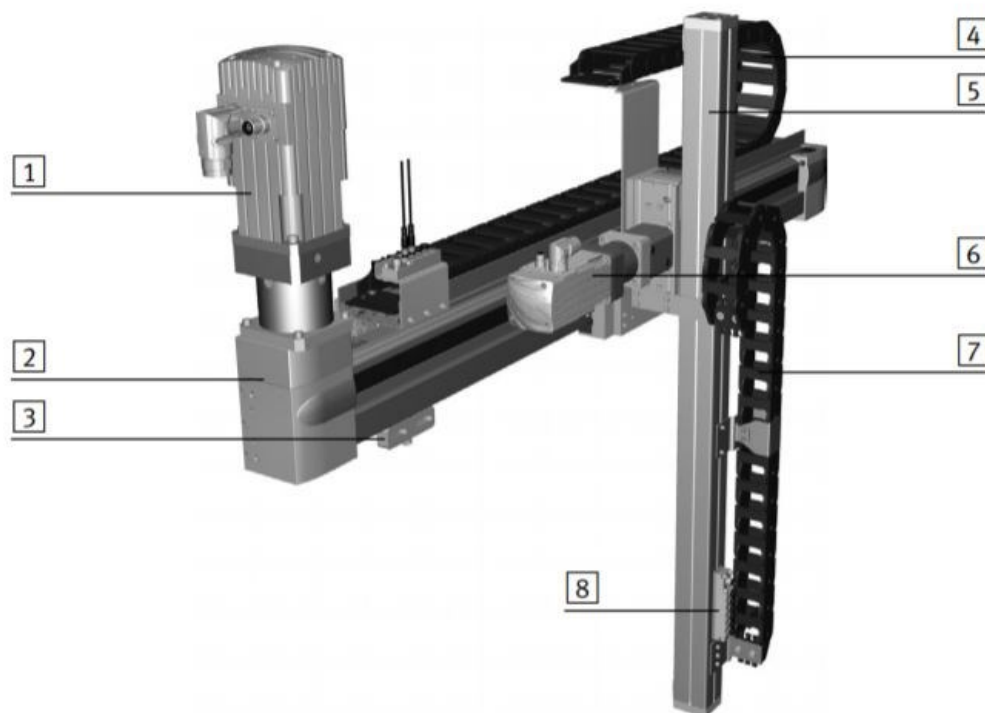


Obr. 3.11 Sestava jehel



Obr. 3.12 Vyhazovač

Místo pneumatické přímočaré vedení je možná náhrada elektrickým přímočarým portálem (obr. 3.13) také značky FESTO. Přímočarý portál se skládá z více pohonných modulů k zajištění pohybu v rovině 2D.



Obr. 3.13 Elektrický přímočarý portál

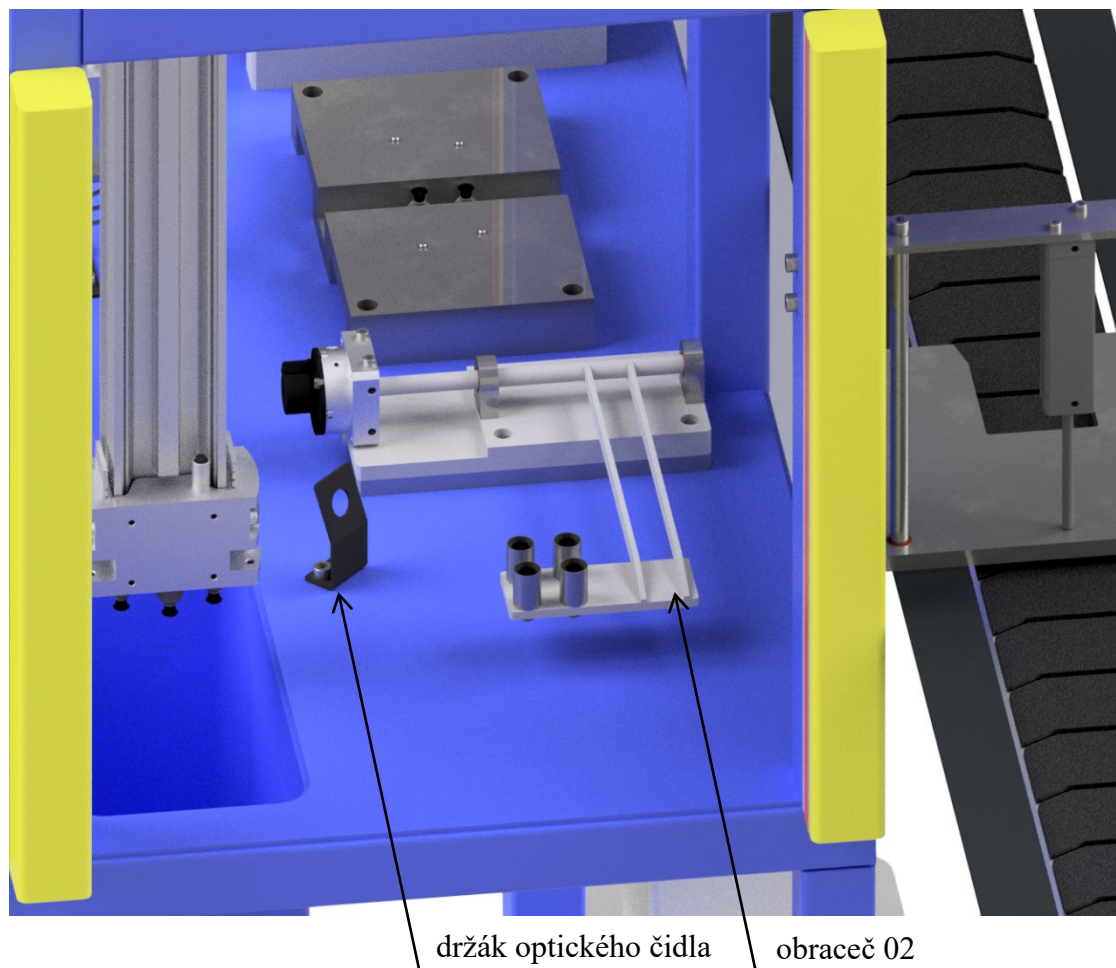
- 1 servomotor modulu Y
- 2 pohon v ose Y
- 3 upevnění za profil/seřizovací sada
- 4 energetický řetěz modulu Y
- 5 pohon v ose X
- 6 servomotor modulu Z
- 6 energetický řetěz modulu Z
- 7 díky slučovači lze elektrické signály, např. ze snímání koncových poloh, přenášet společně

Ideálně se hodí pro dlouhé zdvihy v portálech a velké zátěže. Přestože má velkou mechanickou tuhost a robustní konstrukci je schopný být přesnější, co se týče pozicování než u pneumatického vedení. Obvykle se používá na dodávku a odběr materiálu.

Modul se skládá z přímočarého pohonu, který je opatřen servomotorem. K připojení modulu jsou na saních pohonu namontovány adaptéry [8].

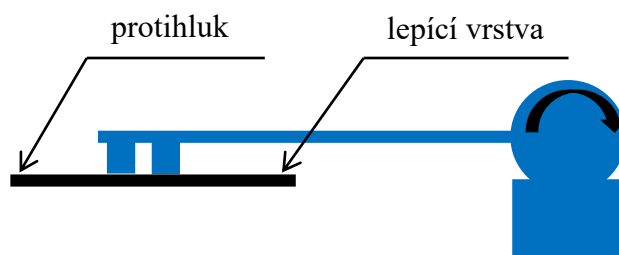
3.4 Obraceč 02

Další operací je opět otočení a to k optickému čidlu, které zkontroluje, zda je folie stržena, nebo ne. K tomu jsem použil stejný obraceč, jako u předchozí operace, jen s menší úpravou (obr. 3.16).

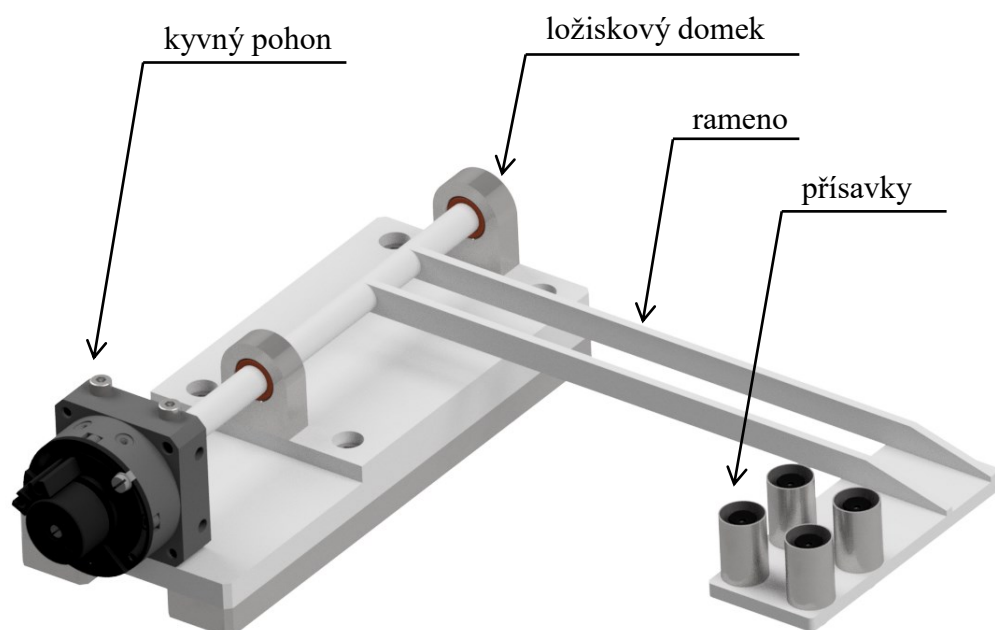


Obr. 3.14 Kontrola optickým čidlem

Změna je v tom, že nyní přísavky berou protihluk shora a k tomu za stranu s lepidlem (obr. 3.15). Proto jsou na rameni obraceče našroubované z druhé strany. Konstrukce ramene, ložiskových domků i použití dodaných dílů (tab. 3 a 4) je stejná.



Obr. 3.15 Schéma obraceče 02



Obr. 3.16 Obraceč 02

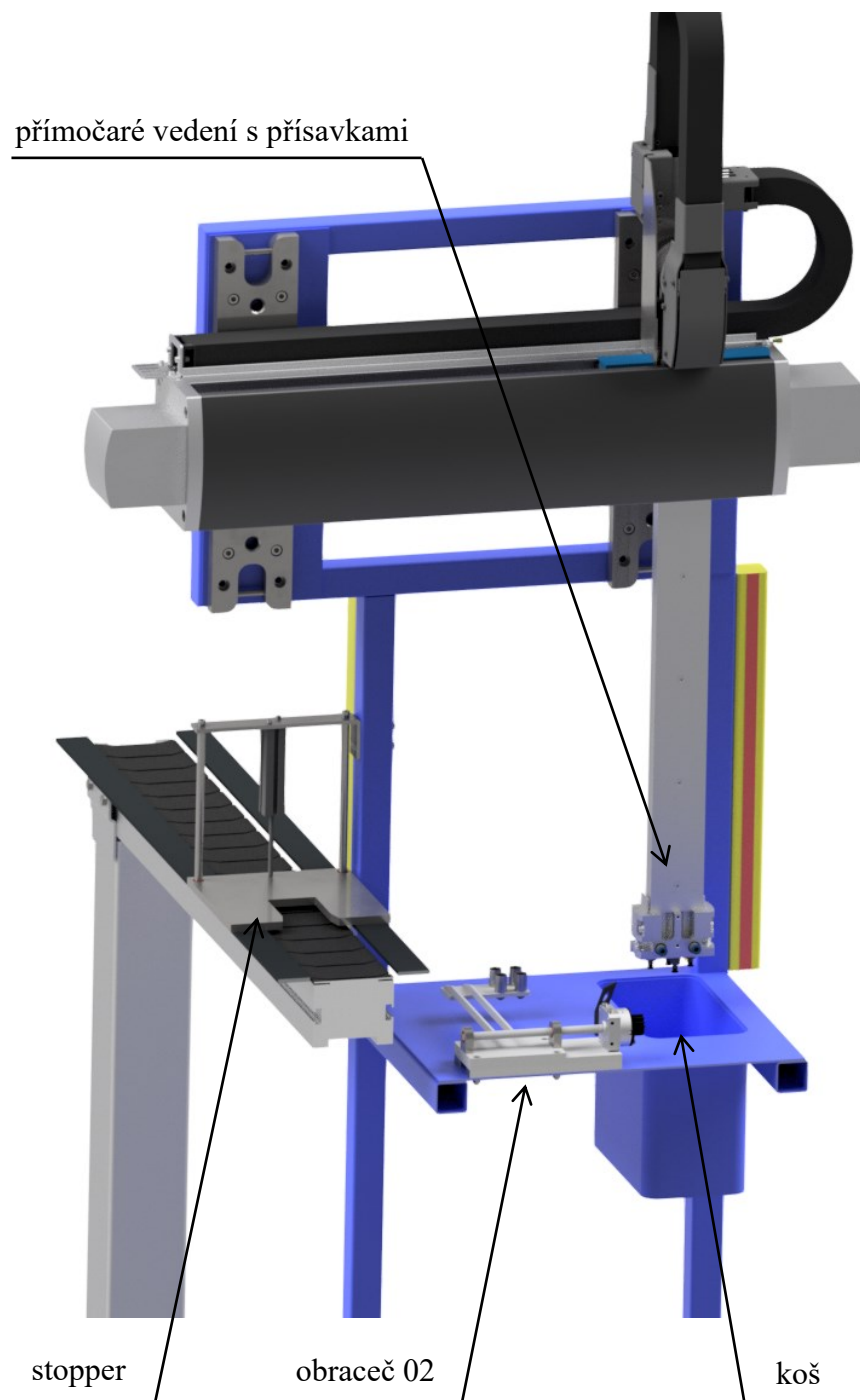
Navíc jsou přidány trubky se zkosenou hranou (obr. 3.17), aby lepidlo nepřilnulo velkou plochou. Zde vytváří přísavky pouze podtlak a tím drží protihluk.



Obr. 3.17 Řez přidavnou trúbkou

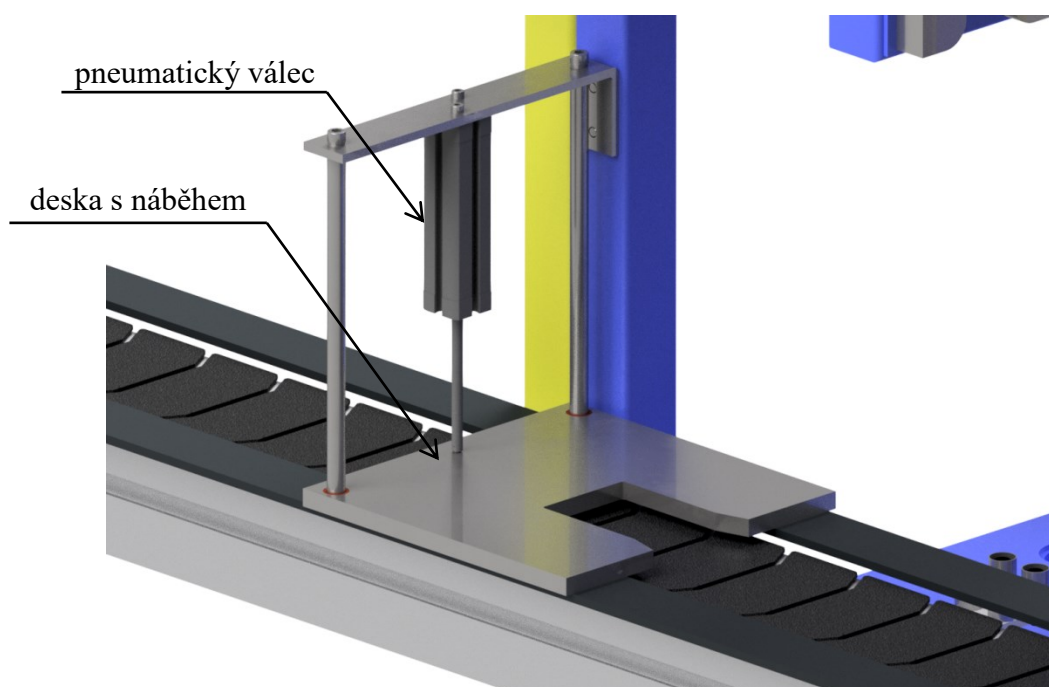
3.5 Lepení protihluku

Poslední fází je nalepení protihluku přímo na brzdovou destičku, která jede po dopravním páse. K tomu jsem použil stejné pneumatické přímočaré vedení (tab. 5) jako u strhávání folie. To má na konci ramene přišroubovány přísavky (tab. 3), které uchytí protihluk a po předchozím signálu od optického čidla najede buďto nad koš, nebo nad dopravník.



Obr. 3.18 Lepení protihluku

Na dopravníku je brzdová destička zastavena pomocí stoperu (obr. 3.19). Ten tvoří pneumatický válec (tab. 2), který spouští desku ve vedení na dopravník a tím ji zastaví.



Obr. 3.19 Stopper

Deska má v sobě výřez na šířku destičky s náběhem, aby nedošlo ke špatnému najetí do drážky. Je nutné, aby před tímto stoperem byl ještě jeden, který zastaví tok dalších kusů z nakládky.

Jakmile stoper zastaví destičku a čidlo dá pokyn, že je folie strhnutá, přísavky na rameni přímočarého vedení přichytí protihluk a nalepí jej na brzdovou destičku.

Tab. 6 – Díly lepení

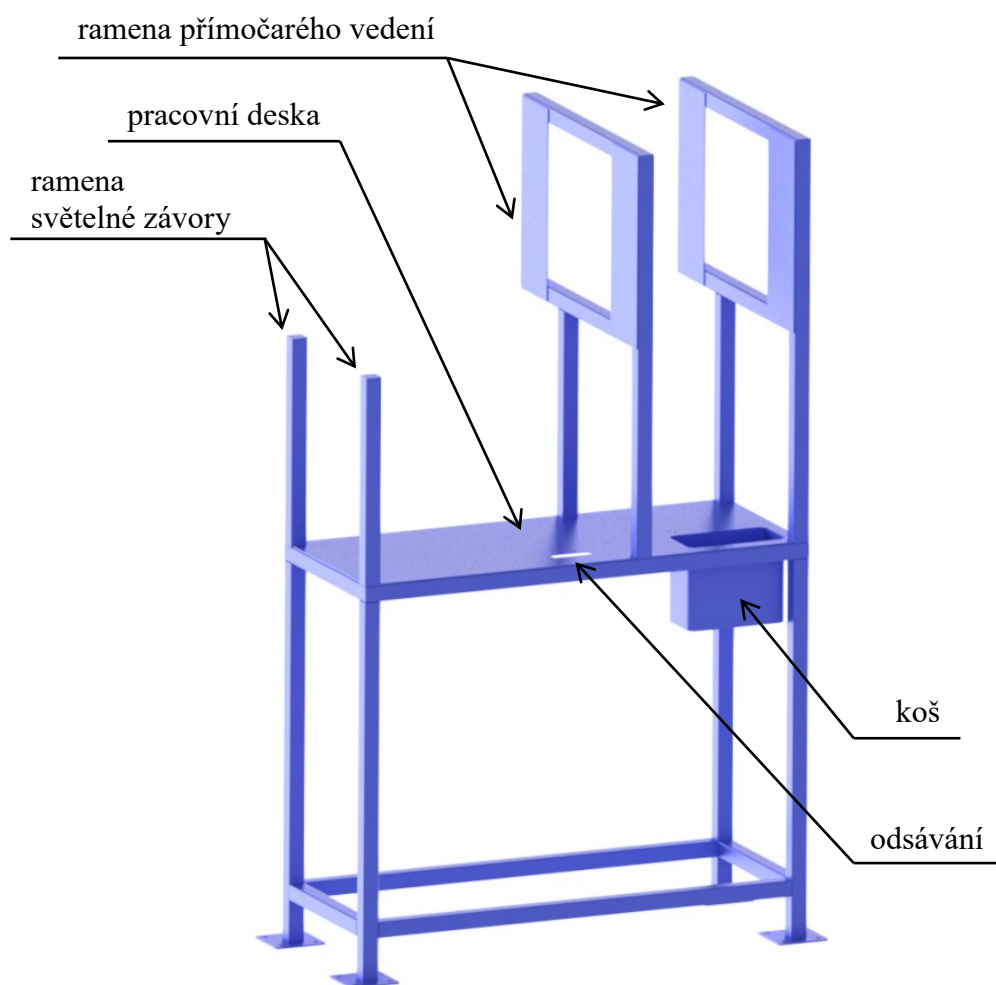
	Typ	Č. dílu
Přímočaré vedení FESTO	EXCT-30-500-500-KF-W-HH-L-T0-EN	8026576
Vakuové přísavky FESTO:	ESG-8	189170
Pneumatický válec FESTO	ADN-12-75-A-P-A	536203

3.6 Konstrukce pracovního stolu

Konstrukci tvoří svařené uzavřené tenkostěnné čtvercové profily 40x40x2 ČSN EN 10219-2 z materiálu 11 375 s povrchovou úpravou RAL 5002 [7].

Stůl (obr. 3.20) je přikotven do podlahy pomocí chemických kotev mimo dopravní pás. K tomu slouží patky s dírami 4xØ12mm pro kotevní šroub M10 na nohách konstrukce.

Pracovní desku tvoří plech tloušťky 3mm, který je přivařený k rámu. Je v ní otvor pro odsávání a koš na zmetky. Nedílnou částí jsou ramena, která drží přímočaré vedení a taky bezpečnostní světelné závory.



Obr. 3.20 Pracovní stůl

4 Bezpečnostní prvky

Jedním ze zadání je dodržet bezpečnost na stroji, aby nedošlo k nehodě při neopatrnosti obsluhy. Ta by mohla sáhnout do prostoru, kde probíhají nalepovací operace a mechanismy by ji mohly zranit.

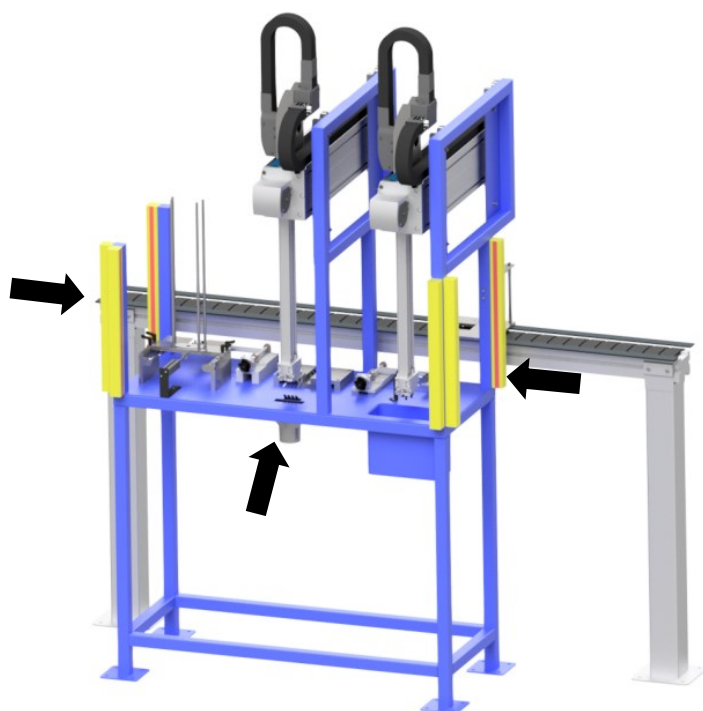
4.1 Světelné závory

Jako bezpečnostní prvek jsem použil světelné závory (obr. 4.1), které jsou ve firmě hodně využívány na ostatních výrobních linkách.



Obr. 4.1 Bezpečnostní závora [12]

Při rozpojení závory vniknutím jakéhokoliv předmětu, nebo ruky dojde k okamžitému zastavení přísunu vzduchu, tím se zastaví celý chod přístroje. Závory jsou poříty ze všech přístupných stran na přístroji (obr. 4.2).



Obr. 4.2 Světelné zábrany na přístroji

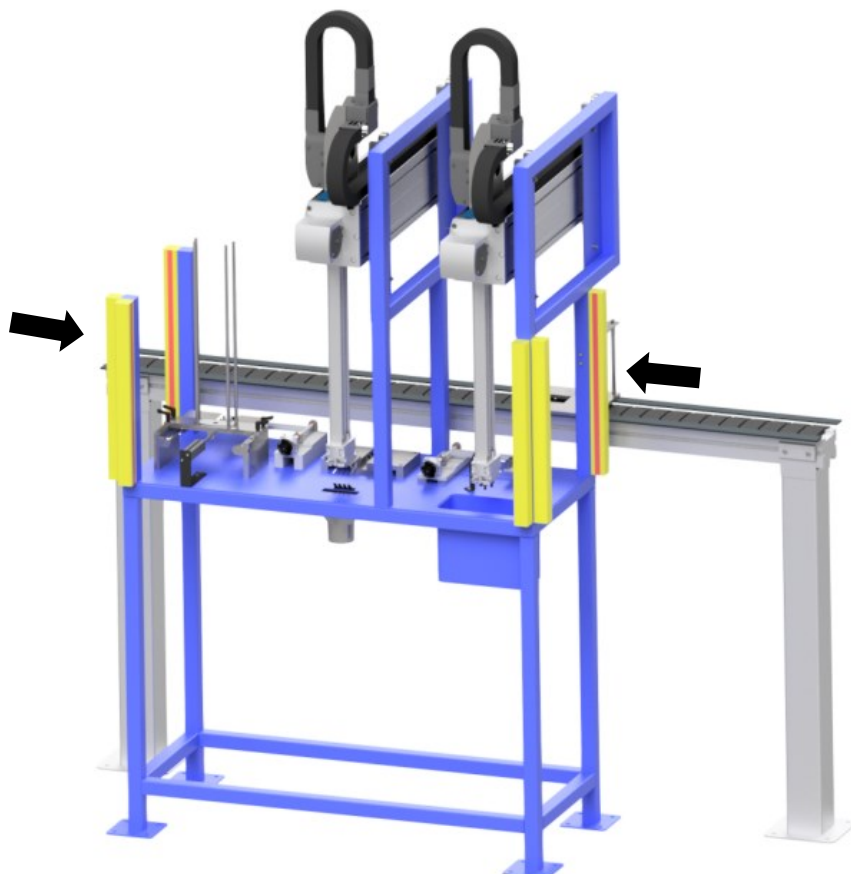
4.2 Oplocenka

Další možností je použít svařovanou oplocenku (obr. 4.3), která se skládá z rámu vyplněného svařovaným drátem. Tento typ se používá u strojů, u kterých se nepočítá s příliš častým zásahem obsluhy.



Obr. 4.3 Vzor oplocenky [11]

Jelikož by demontáž zabírala moc času, tento typ by se mohl použít pro části stolu, které nejsou nutné k přístupu při přestavbě (obr. 4.4). I tak by oplocenka měla být připevněna pomocí rychloupínek (tab. 1), aby rozebírání bylo co nejrychlejší.



Obr. 4.4 Možnosti oplocenky na přístroj

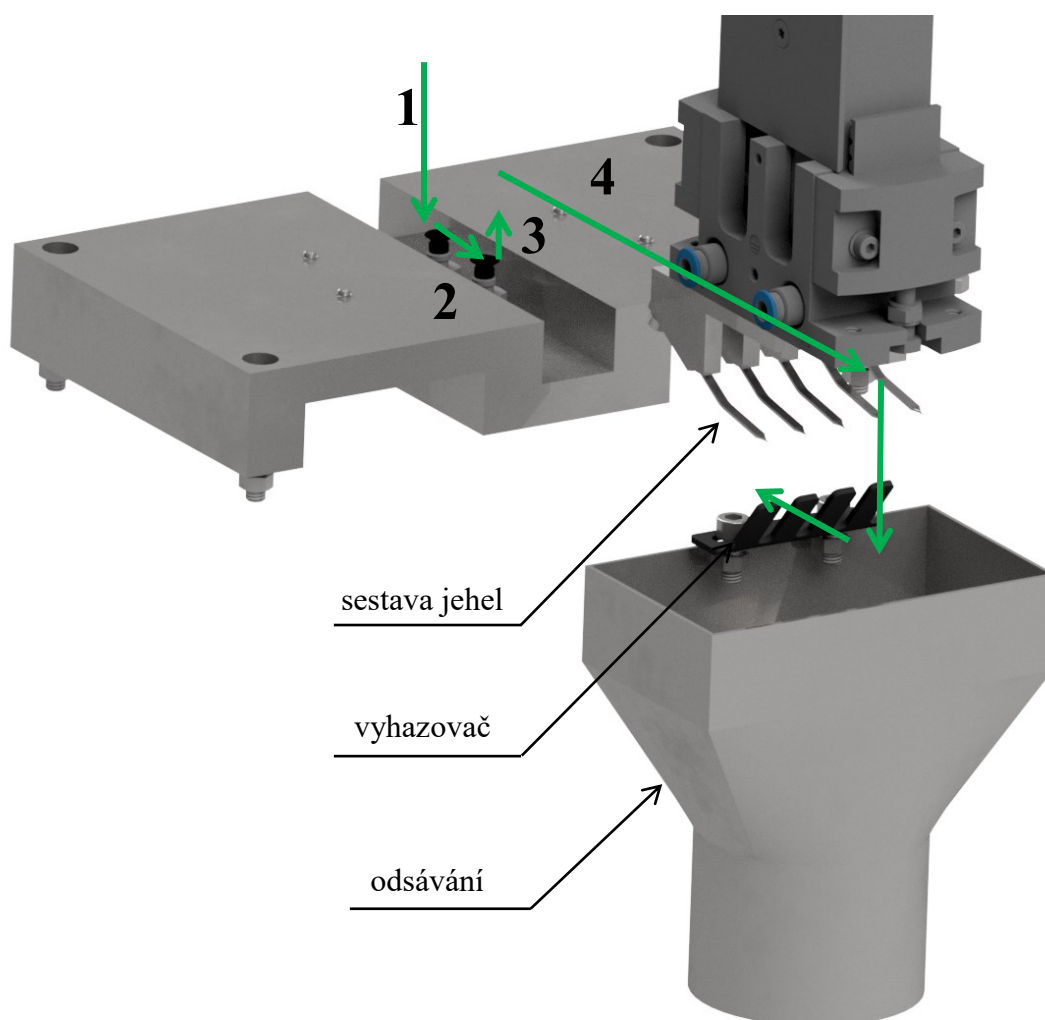
5 Kontrolní výpočty

Z důvodu zrychlování všech operací na poloautomatické lince, je nutné, vlézt se do intervalu 2,8 s pro nalepení jednoho protihluk. Proto je v této kapitole proveden výpočet nejdelšího časového intervalu, strhnutí ochranné folie z lepicí vrstvy a kontrola s nalepením na protihluk.

Také je zkontrolováno vedení stoperu, do kterého naráží brzdová destička jedoucí po dopravním páse.

5.1 Výpočet času strhnutí folie

U této operace jsem spočítal dráhu vykonanou pneumatickým přímočarým vedením. Maximální rychlost vedení udávané výrobcem je $v=5$ m/s. Je nutné zohlednit pouze dráhy 1 až 4, protože v té chvíli už může probíhat další operace prováděná obracečem 02.



Obr. 5.1 Dráha strhávání folie

Délku L_1 rozdělím na dvě dráhy L_{11} a L_{12} , protože první část může vedení jet plnou rychlostí a až nad protihlukem může zpomalit. Snížení rychlosti se týká drah L_1 , L_2 a L_3 . Tam se sníží rychlost na $v_2=0,01$ m/s. Je nutné započítat i časovou prodlevu mezi jednotlivými pohyby a to $t_p=0,15$ s. Prodlevy jsou celkem tři.

Délka dráhy

$$L_{11}= 0,09 \text{ m}$$

$$L_{12}= 0,005 \text{ m}$$

$$L_2= 0,01 \text{ m}$$

$$L_3= 0,005 \text{ m}$$

$$L_4= 0,23 \text{ m}$$

Výpočet času ujetí jednotlivých drah

$$t = \frac{s}{v} \tag{5.1}$$

$$t_{11} = \frac{0,09}{5} = 0,018 \text{ s}$$

$$t_{12} = \frac{0,005}{0,01} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{0,01}{0,01} = 1 \text{ s}$$

$$t_3 = \frac{0,005}{0,01} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_4 = \frac{0,23}{5} = 0,046 \text{ s}$$

Výpočet celkového času

$$t_c = 3 \cdot t_p + t_{11} + t_{12} + t_2 + t_3 + t_4 \tag{5.2}$$

$$t_c = 3 \cdot 0,15 + 0,018 + 0,5 + 1 + 0,5 + 0,046 = 2,514 \text{ s}$$

$$t_c \leq t_p \tag{5.3}$$

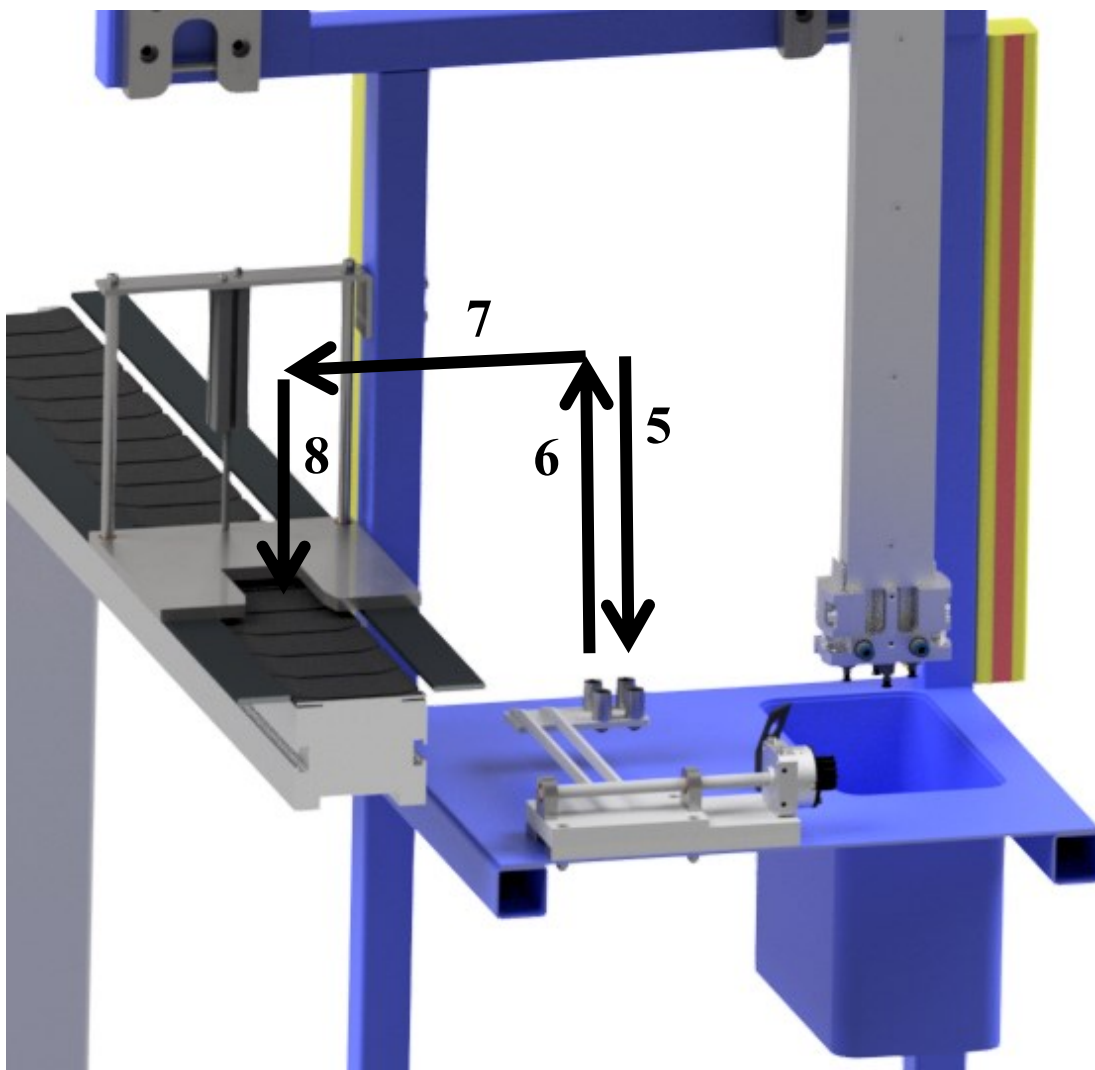
$$2,514 < 2,8$$

t_p = požadovaný čas

Podmínka splněna.

5.2 Výpočet času kontroly a nalepení

Jakmile obraceč 02 otočí protihluk do pozice, kde jej kontroluje optické čidlo, najíždí nad něj přímočaré vedení s přísavkami a na základě pokynu čidla, zda je folie strhnuta, jede nad dopravník a nalepuje jej na brzdovou destičku. Je proveden výpočet časového intervalu, ve kterém rameno ujede určitou dráhu a musí se vlézt do zadaného kritéria 2,8 s.



Obr. 5.2 Dráhy lepení

Dráhy 5,6 a 8 se rozdělí každá na dvě, protože není možná plná rychlost posuvu při úchopu a nalepení protihluku. Rychlost posuvu pro rychlý posuv zanechám maximální $v=5$ m/s a jako sníženou rychlost použiji stejnou jako u strhávání $v_2=0,01$ m/s. Do výpočtu jsou zahrnuty i dvě prodlevy mezi změnami směru $t_p=0,15$ s.

Délka dráhy

$$L_{51} = 0,145 \text{ m}$$

$$L_{52} = 0,005 \text{ m}$$

$$L_{61} = 0,005 \text{ m}$$

$$L_{62} = 0,145 \text{ m}$$

$$L_7 = 0,24 \text{ m}$$

$$L_{81} = 0,075 \text{ m}$$

$$L_{82} = 0,005 \text{ m}$$

Výpočet času ujetí jednotlivých drah

$$t = \frac{s}{v} \quad (5.1)$$

$$t_{51} = \frac{0,145}{5} = 0,03 \text{ s}$$

$$t_{52} = \frac{0,005}{0,01} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_{61} = \frac{0,005}{0,01} = 0,5 \text{ s}$$

$$t_{62} = \frac{0,145}{5} = 0,03 \text{ s}$$

$$t_7 = \frac{0,24}{5} = 0,048 \text{ s}$$

$$t_{81} = \frac{0,075}{5} = 0,015 \text{ s}$$

$$t_{82} = \frac{0,005}{0,01} = 0,5 \text{ s}$$

Výpočet celkového času

$$t_c = 2 \cdot t_p + t_{51} + t_{52} + t_{61} + t_{62} + t_7 + t_{81} + t_{82} \quad (5.2)$$

$$t_c = 2 \cdot 0,15 + 0,03 + 0,5 + 0,5 + 0,03 + 0,048 + 0,015 + 0,5 = 1,923 \text{ s}$$

$$t_c \leq t_p \quad (5.3)$$

$$1,923 < 2,8$$

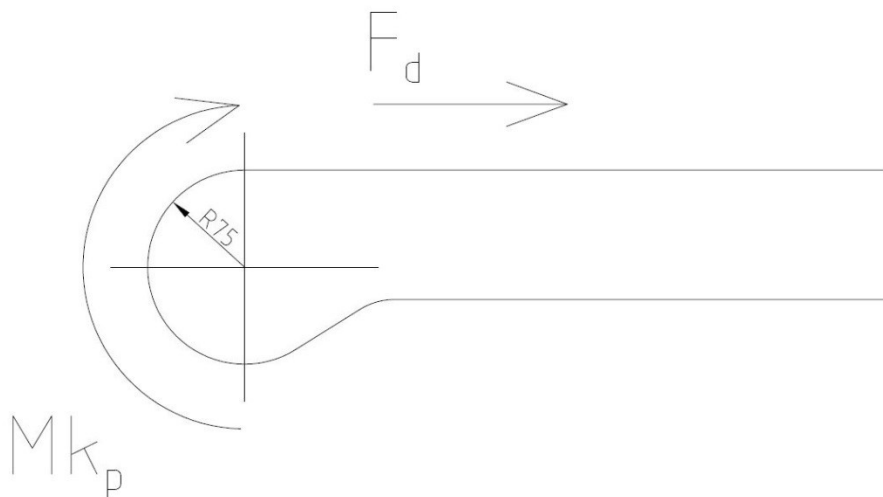
t_p = požadovaný čas

Podmínka splněna.

5.3 Výpočet ohybu vedení stoperu

Bude provedena kontrola vedení desky stoperu. Do toho naráží brzdová destička jedoucí po dopravním páse určitou rychlostí. Vedení tvoří dvě broušené tyče připevněné k držáku.

Dopravník je poháněný elektromotorem se šnekovou převodovkou. Ta má na výstupu krouticí moment $M_{kp}=200\text{Nm}$, z toho přepočtem získám tažnou sílu F_d (5.5), která pohání brzdovou destičku.



Obr. 5.3 Schéma sil na dopravníku [2]

Zadané hodnoty

$$M_{kp} = 200 \text{ Nm}$$

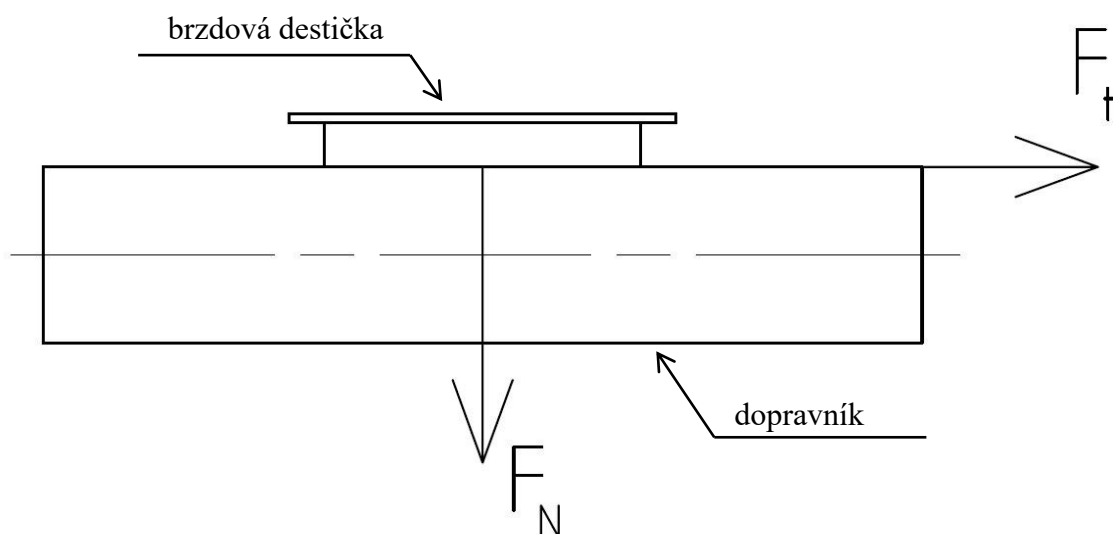
$$R = 75 \text{ mm}$$

Výpočet tažné síly F_d

$$M_{kp} = F_d \cdot R \tag{5.4}$$

$$F_d = \frac{M_{kp}}{R} = \frac{200}{0,075} = 2666,67 \text{ N} \tag{5.5}$$

Nyní vypočítám třecí sílu F_t (5.6), která vzniká mezi dopravníkem a frikční směsí na brzdové destičce. Směs tvoří měď a jiné další prvky, proto budu volit součinitel tření mezi mědí a ocelí.



Obr. 5.4 Síly mezi dopravníkem a brzdovou destičkou [2]

Zadané hodnoty

$$m_d = 3 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$f_{mo} = 0,53$$

Výpočet normálové síly F_N

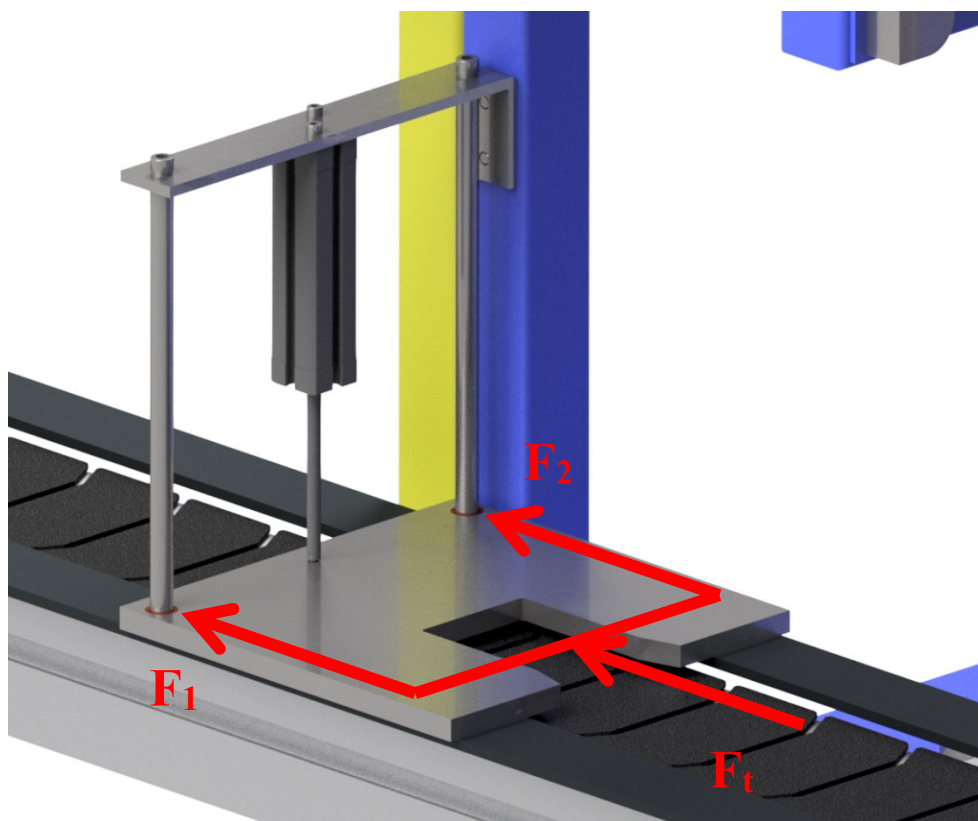
$$F_N = G = m_d \cdot g = 3 \cdot 9,81 = 29,43 \text{ N} \quad (5.6)$$

Výpočet třecí síly F_t

Z důvodu rázu na desku volím koeficient k , který násobí třecí sílu.

$$F_t = k \cdot F_N \cdot f = 3 \cdot 29,43 \cdot 0,53 = 48,6 \text{ N} \quad (5.7)$$

Třecí síla působí přímo do desky stoperu. Tam se rozkládá do dvou sil (5.8) zatěžujících vedení a tím je namáháno na ohyb. Kontrola je provedena jak početně, tak simulována v Autodesk Inventoru [1].



Obr. 5.5 Rozklad třecí síly

Zadané hodnoty

$$F_t = 48,6 \text{ N}$$

$$d_v = 10 \text{ mm}$$

$$l_v = 200 \text{ mm}$$

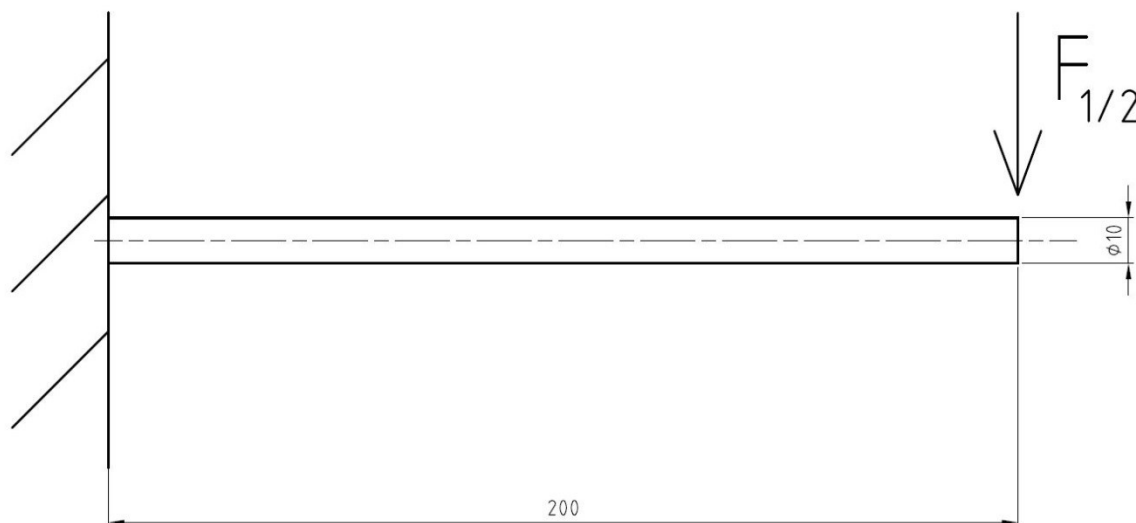
$$\sigma_{do} = 160 \text{ MPa}$$

Výpočet F_1, F_2

$$F_1 = F_2 = \frac{F_t}{2} = \frac{48,6}{2} = 23,4 \text{ N} \quad (5.8)$$

Výpočet ohybového momentu M_o

$$M_o = F_1 \cdot l_v = 23,4 \cdot 200 = 4680 \text{ Nmm} \quad (5.9)$$



Obr. 5.6 Působící síla na vedení [2]

Výpočet napětí v ohybu σ_o

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{do} \quad (5.10)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d_v^3}{32}} = \frac{32 \cdot 4680}{\pi \cdot 10^3} = 47,67 \text{ MPa} \quad (5.11)$$

$$\sigma_o < \sigma_{do}$$

$$47,67 < 160$$

Podmínka splněna.

Zadané hodnoty pro výpočet v Autodesk Inventoru

Fyzické:

Materiál	Ocel, měkká
Hustota	7,85 g/cm ³
Hmotnost	0,123138 kg
Plocha	6445,79 mm ²
Objem	15686,4 mm ³
Těžiště	x=195 mm y=-55,137 mm z=0 mm

Nastavení sítě:

Prům. velikost prvku (zlomek průměru modelu)	0,1
Min. velikost prvku (zlomek prům. velikosti)	0,2
Součinitel zemních těles	1,5
Max. úhel pootočení	60 deg
Vytvořit zakřivené prvky sítě	Ano

Materiál:

Název	Ocel, měkká
Měrná hmotnost	7,85 g/cm ³
Mez kluzu v tahu	207 MPa
Mez pevnosti v tahu	345 MPa
Youngův modul	220 GPa
Poissonova konstanta	0,275 ul
Modul pružnosti	86,2745 GPa

Síla:

Velikost	23,400 N
Vektor X	23,400 N
Vektor Y	0,000 N
Vektor Z	0,000 N



Výsledky

Reakční moment:

Velikost	Komponenta (X, Y, Z)
4,68 Nm	0 Nm
	0 Nm
	-4,68 Nm

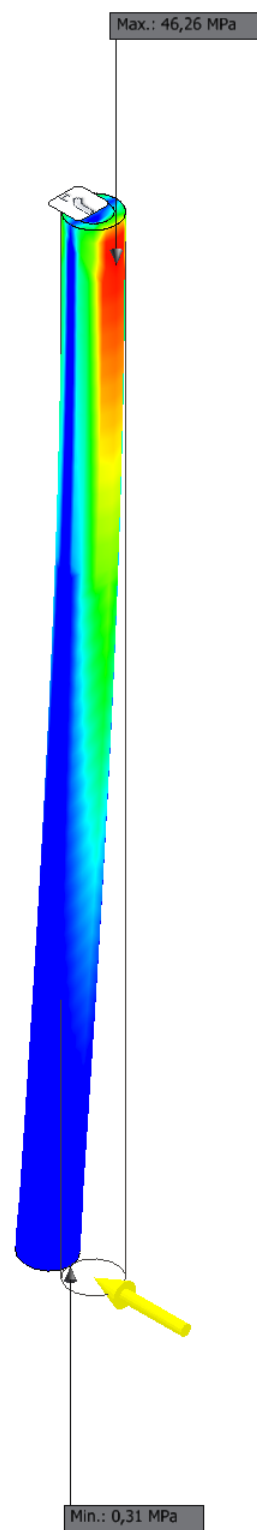
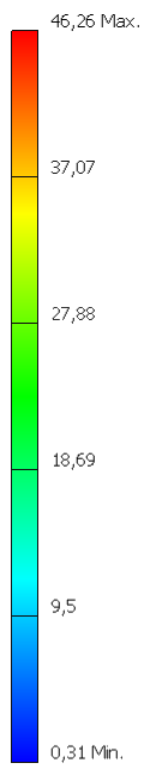
Souhrn výsledků

Název	Minimální	Maximální
Objem	15686,4 mm ³	
Hmotnost	0,123138 kg	
Napětí Von Mises	0,305926 MPa	46,2634 MPa
První hlavní napětí	-18,1138 MPa	53,3526 MPa
Třetí hlavní napětí	-52,9891 MPa	18,3015 MPa
Posunutí	0 mm	0,580199 mm
Součinitel bezpečnosti	4,47437 ul	15 ul
Napětí XX	-18,6396 MPa	18,7356 MPa
Napětí XY	-9,69741 MPa	6,8821 MPa
Napětí XZ	-4,53999 MPa	4,88062 MPa
Napětí YY	-52,1187 MPa	52,3632 MPa
Napětí YZ	-7,30742 MPa	7,03767 MPa
Napětí ZZ	-18,1149 MPa	18,3664 MPa
Posunutí X	-0,0000390287 mm	0,579793 mm
Posunutí Y	-0,0217033 mm	0,0217036 mm
Posunutí Z	-0,000138407 mm	0,000139137 mm
Ekvivalentní přetvoření (vnitřní)	0,00000118737 ul	0,000186638 ul
První hlavní přetvoření (vnitřní)	0,000000820081 ul	0,000219985 ul
Třetí hlavní přetvoření (vnitřní)	-0,000219591 ul	-0,000000903168 ul
Přetvoření XX (vnitřní)	-0,0000592083 ul	0,0000586205 ul
Přetvoření XY (vnitřní)	-0,0000562009 ul	0,0000398849 ul
Přetvoření XZ (vnitřní)	-0,0000263113 ul	0,0000282854 ul
Přetvoření YY (vnitřní)	-0,000219138 ul	0,000219477 ul
Přetvoření YZ (vnitřní)	-0,0000423498 ul	0,0000407865 ul
Přetvoření ZZ (vnitřní)	-0,0000574795 ul	0,00005737 ul

Obrázky:

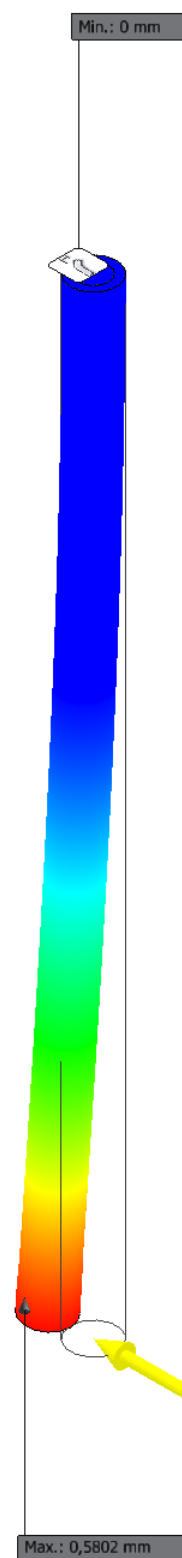
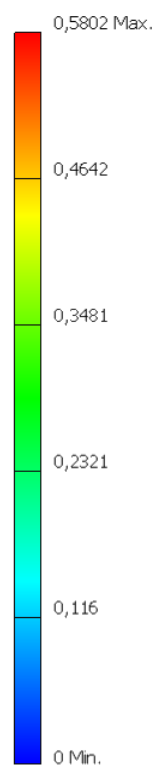
Napětí Von Mises – maximální 46,26 MPa

Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa



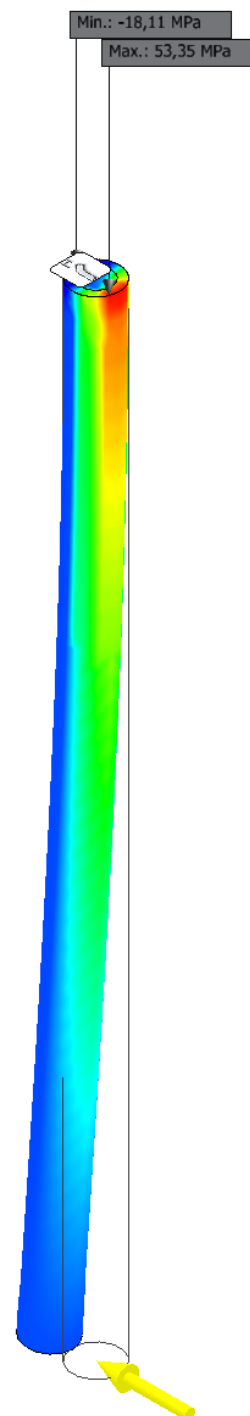
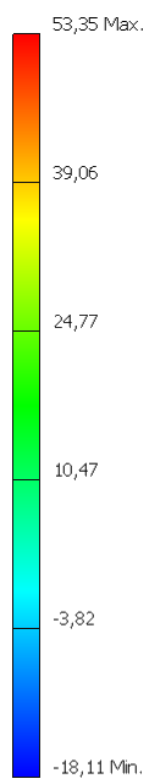
Posunutí – maximální 0,58 mm

Typ: Posunutí
Jednotka: mm



Hlavní napětí – maximální 53,35 MPa

Typ: První hlavní napětí
Jednotka: MPa



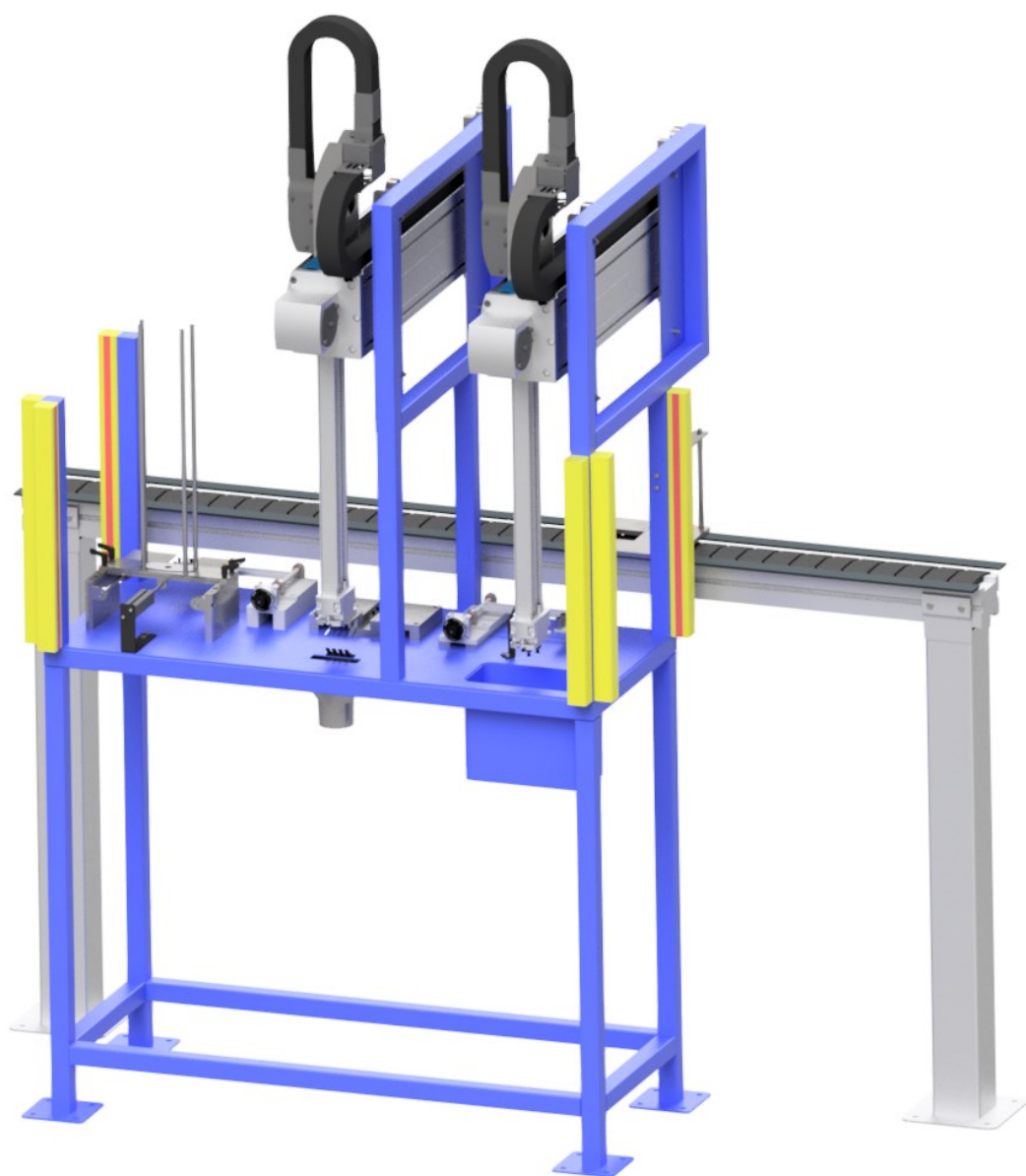
6 Závěr

Cíle diplomové práce jsem splnil. Navrhl jsem zařízení, které nalepuje pomocí jednoduchých mechanismů protihluky na brzdovou destičku jedoucí po dopravním páse. Zařízení splňuje bezpečnost a jednoduchost přestavby pomocí metody poka-yoke na různé destičky od rozměru 60x40 až po 220x110 mm, kde se liší právě velikost protihluku.

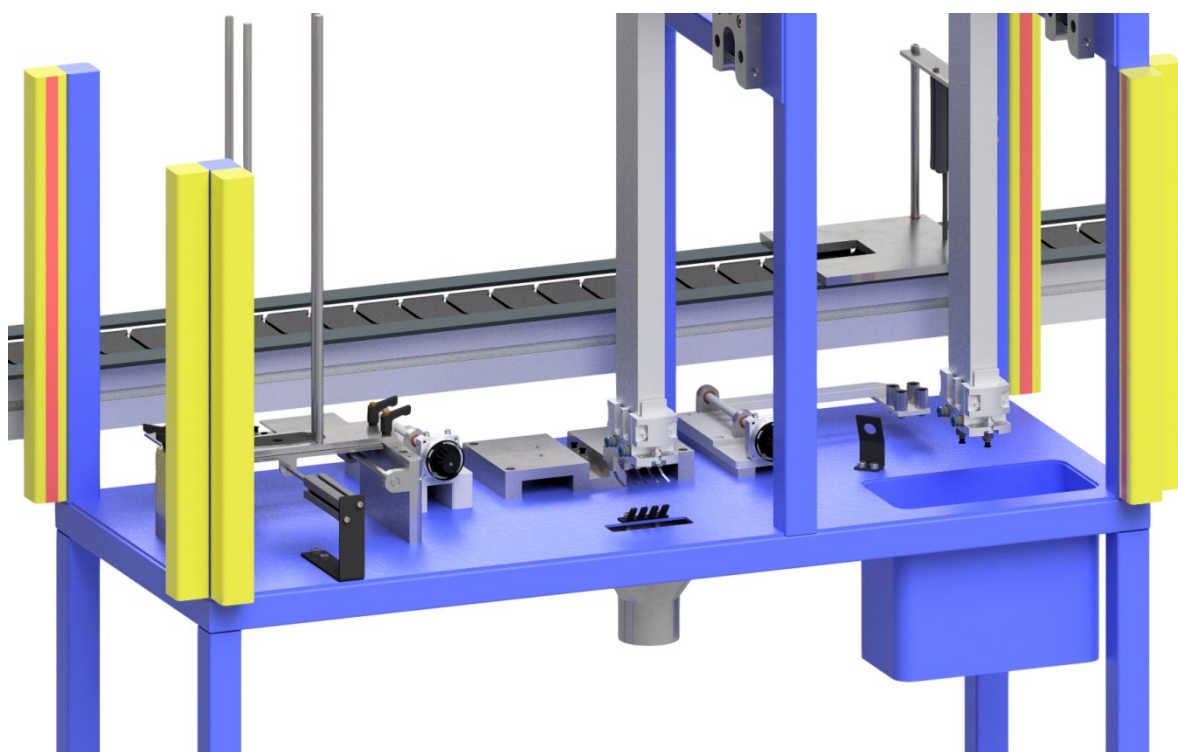
V teoretické části jsem sepsal informace o firmě ITT Holdings s.r.o., poloautomatické lince č. 4, která je modelovou zónou pro veškeré návrhy na zlepšování a co to je protihluk a k čemu slouží.

Následoval návrh zásobníku, kde se posouvají protihluky ve vedení vlastní vahou. Součástí je vyhazovač, který je poháněn pneumatickým válcem, ten vysouvá protihluky ven ze zásobníku. V této fázi si jej přebírá obraceč pomocí přísavky a pokládá ho do držáku s piny, tam se z něj strhává folie pomocí sestavy jehel upevněných na konci pneumatického přímočarého vedení. Jakmile je tato operace splněna bere si protihluk upravený obraceč za jeho lepící vrstvu a přikládá jej k optickému čidlu, kde je zkontrolováno správné strhnutí. Signál z čidla dá pokyn dalšímu přímočarému vedení s přísavkami, že má buďto protihluk nalepit na brzdovou destičku, nebo jej vyhodit do koše instalovaného přímo v nosném stole. Lepení probíhá přímo na dopravníku linky, tam destičku zastavuje stoper.

Všechny operace běží souvisle a tak byl na závěr vypočten čas operace strhávání a nalepování folie s kontrolou. Tyto dvě opera jsou z cyklů nejdelší, proto byly zkontrolovány. Od nich se odvíjí celkový čas nalepení protihluku an brzdovou destičku. Výsledkem bylo 2,514s a 1,923s, což splnilo podmínku. Také bylo zkontrolováno napětí v ohybu vedení, do kterého naráží destička jedoucí po dopravním páse.



Obr. 6.1 Sestava lepení 1



Obr. 6.2 Sestava lepení 2

Seznam použitých zdrojů

- [1] AUTODESK. Inventor 2017. [počítačový program]. Ostrava, 2018. Software pro tvorbu 3D modelu.
- [2] AUTODESK. AutoCAD 2017.1 CS+. [počítačový program]. Ostrava, 2018. Obecný CAD software pro technické kreslení včetně bonus nástrojů CS+.
- [3] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [4] LINHART, Jiří. *Slovník cizích slov pro nové století: základní měnové jednotky, abecední seznam chemických prvků, jazykovědné pojmy : 30000 hesel*. Litvínov: Dialog, 2007. ISBN 80-7382-005-6.
- [5] Ate [Online]. - Duben 12, 2018. - <http://www.ate-hamulce.pl>.
- [6] Elesa+Ganter [Online]. - Duben 27, 2018. - <https://www.elesa-ganter.cz>.
- [7] Feron [Online]. - Duben 11, 2018. - <http://www.feron.cz>.
- [8] FESTO [Online]. - Duben 27, 2018. - <https://www.festo.com>.
- [9] ITT Ostrava [Online]. - Duben 26, 2018. - <http://itt-ostrava.com/>.
- [10] Management mania [Online]. - Duben 17, 2018. - <https://managementmania.com>.
- [11] Manutan [Online]. - Duben 9, 2018. - <http://www.manutan.cz>.
- [12] REM-technik [Online]. - Květen 2, 2018. - www.rem-technik.cz.

Seznam příloh

1. Výkres sestavy lepení – LP-SKL0038-01
2. Výrobní výkres držáku vedení protihluku - LP-SKL0038-01-01.1